

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**RELAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO COM A QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COMPOSIÇÃO DO
ÓLEO EXTRAÍDO DE CULTIVARES DE SOJA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Bruno Cesar Silva Bordignon

Santa Maria, RS, Brasil

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**RELAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO COM A QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COMPOSIÇÃO DO
ÓLEO EXTRAÍDO DE CULTIVARES DE SOJA**

Por

Bruno Cesar Silva Bordignon

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Auri Brackmann

Santa Maria, RS, Brasil

2009

B729r Bordignon, Bruno Cesar Silva,
Relação das condições de armazenamento com qualidade fisiológica de sementes e composição do óleo extraído de cultivares de soja / por Bruno Cesar Silva Bordignon ; orientador Auri Brackmann. - Santa Maria, 2009.
90 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2009.

1. Agronomia 2. *Glycine max* 3. Temperatura 4. Umidade 5. Deterioração I. Brackmann, Auri II. Título

CDU: 635.655

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Bruno Cesar Silva Bordignon. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Duque de Caxias 321 Ap. 19 CEP: 97700-000 Santiago, RS, Brasil.

Fone: (0xx) 55 3251-1152; Endereço eletrônico: bcsbordignon@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**RELAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO COM A
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COMPOSIÇÃO DO
ÓLEO EXTRAÍDO DE CULTIVARES DE SOJA**

elaborada por

Bruno Cesar Silva Bordignon

como requisito para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:



Auri Brackmann, Dr.
(Presidente/Orientador)



Danton Camacho Garcia, Dr. (UFSM)



Manoel Artigas Schirmer, Dr. (UFPEL)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2009

A minha esposa,

Carla Vanessa dos Santos Da Pieve Bordignon.

A meus pais,

João Elias Da Pieve Bordignon.

Vanilza Silva Bordignon.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Vanilza Silva Bordignon e ao meu pai João Elias Da Pieve Bordignon, pela vida, pelo exemplo de trabalho, perseverança e principalmente amor.

Ao professor, orientador e amigo Auri Brackmann.

Ao meu país, República Federativa do Brasil, que tenho muito orgulho.

A todos aqueles que trabalharam no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita durante a pós-graduação.

À Universidade Federal de Santa Maria, intermediária do povo brasileiro, pela oportunidade de realizar meu Mestrado de forma gratuita.

A Deus pois, me deu sabedoria e força, guiando meus passos para Seu propósito eterno.

OBRIGADO.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

RELAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO COM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO EXTRAÍDO DE CULTIVARES DE SOJA

AUTOR: Bruno Cesar Silva Bordignon

ORIENTADOR: Prof. Dr. Auri Brackmann

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2009

O objetivo deste trabalho foi medir a influência dos parâmetros de condições ambientais sobre a qualidade fisiológica de sementes, e sobre aspectos de qualidade do óleo extraídos de grãos de soja sob diferentes condições de armazenamento. Para isso o trabalho consta de dois experimentos. O experimento um avaliou a condição de qualidade fisiológica das sementes de soja em nível de teste de germinação e vigor (envelhecimento acelerado e condutividade elétrica), com avaliações iniciais aos seis e doze meses. O experimento perfazia um total de doze tratamentos, com combinações diferentes de temperatura que variavam de 25, 20, 10°C fixas e em regime de intermitência e umidade relativa do ar, alta e baixa também em regime de intermitência, simulando as mudanças das condições de tempo, durante doze meses de armazenamento. O experimento dois constava de cinco tratamentos com combinações de temperatura 20 e 10°C e umidade relativa do ar, aplicadas de forma fixa durante o período de doze meses, utilizou-se dois tratamentos com atmosfera controlada (AC), com as pressões parciais da composição de gases O₂ 1kPa e 0 kPa de CO₂ e CO₂ 15kPa e 21 kPa de O₂ mantidas durante o armazenamento. Os resultados para as avaliações do experimento um constataram que sementes expostas a alta umidade relativa do ar por curtos períodos de tempo mantem seu potencial fisiológico, germinação e vigor, iguais aos iniciais, a melhor condição encontrada neste trabalho para armazenamento de sementes foi a 10°C com 74,1% de UR do ar, mantendo a mesma qualidade inicial tanto aos 6 como aos 12 meses, exceto para a cv. Miréia. Para o experimento dois as avaliações do índice de acidez e peróxido mostraram que combinação de baixa temperatura e umidade relativa do ar foram efetivas na conservação dos grãos, para obtenção de óleo.

Palavras-chave: *Glycine Max*, temperatura, umidade, deterioração

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

RELATION OF STORAGE CONDITIONS WITH QUALITY PHYSIOLOGY OF SEEDS AND COMPOSITON OIL EXTRACTED OF SOYBEAN CULTIVATES

AUTHOR: Bruno Cesar Silva Bordignon

ADVISER: Prof. Dr. Auri Brackmann

Santa Maria, February 28th, 2009

The aim of this work was measure influence of parameters as environment conditions upon the seeds quality physiology and on aspects of oil quality extracted of soybean grains upon different storage conditions. For this the work had two experiments. The experiment one measured the quality physiology of soybean's seeds in levels the germination and vigor (accelerate aging and electric condutivity) with valuation initial, six and twelve months. The experiment had twelve treatment, with diferents combinations of temperature that varied of 25, 20, 10°C fix and regime of intermittence and air relative moisture high and low too in regime of intermittence, simulating the changes of weather conditions, during twelve months of storage. The experiment two had five treatments with temperature combinations of 20 and 10°C with air relative moisture, applied the fix form during the period the twelve months, utilized too two treatments with controlled atmosphere (CA), used the partial pressure of gases O₂ 1kPa and 0 kPa of CO₂ and CO₂ 15kPa and 21 kPa of O₂ maintain during the storage. The results for measures in experiment one was seeds exposed to high air moisture to shorts time period maintain the physiology potential of seeds, germination and vigor, the same of the initial, the better condition found in this work to storage of seeds was the 10°C with 74,1% air moisture, maintain the same initial quality in the 6 and 12 months, absent to cv. "Miréia". The experiment two the measures of acidity index and peroxide showed that the combination of low temperature and air moisture were effectives in the grain conservation, to obtain oil.

Key words: *Glycine Max*, temperature, moisture, deterioration.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Representação gráfica de isotermas de adsorção e de dessorção, indicando o fenômeno de histerese.....	21
FIGURA 2: Modelo conceitual de água em proteína, indicando cinco tipos de água.....	25
FIGURA 3: Representação esquemática de relações entre eventos metabólicos em sementes e respectivos níveis de hidratação.....	29
FIGURA 4: Esquema da autoxidação lipídica.....	45
FIGURA 5: Estabilidade dos alimentos em função da atividade da água (a_w).....	47
FIGURA 6: Seqüência do processo de deterioração.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Condições ambientais em laboratório.....	60
GRÁFICO 2: Condições de temperatura e UR na câmara a 25°C.....	61
GRÁFICO 3: Condições de temperatura e UR na câmara a 20°C.....	62
GRÁFICO 4: Condições de temperatura e UR na câmara a 20°C.....	63
GRÁFICO 5: Condições de temperatura e UR na câmara a 10°C.....	64
GRÁFICO 6: Condições de temperatura e UR na câmara a 10°C.....	65
GRÁFICO 7: Umidade das sementes aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	66
GRÁFICO 8: Germinação aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	67
GRÁFICO 9: Vigor por envelhecimento acelerado aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	69
GRÁFICO 10: Vigor por condutividade elétrica aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	70
GRÁFICO 11: Umidade das sementes aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	71
GRÁFICO 12: Germinação aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	72
GRÁFICO 13: Vigor por envelhecimento acelerado aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	74
GRÁFICO 14: Vigor por condutividade elétrica aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento.....	76
GRÁFICO 15: Índice de acidez do óleo de quatro cultivares de soja aos 12 meses sob diferentes condições de armazenamento.....	77
GRÁFICO 16: Índice de peróxido do óleo de quatro cultivares de soja aos 12 meses sob diferentes condições de armazenamento.....	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Variação da umidade de saturação em função da temperatura do ar.....	20
TABELA 2 – Teor de umidade de diversos grãos em equilíbrio com diferentes níveis de umidade relativa à temperatura de 25°C.....	20
TABELA 3 – Tipos de água das sementes e respectivos potenciais hídricos e teores de água nas bases seca e úmida.....	28
TABELA 4 – Teor máximo de umidade de diversos grãos, para um longo período de armazenamento.....	35
TABELA 5 – Efeito do teor de umidade sobre o índice de acidez em grãos de soja armazenados a 37°C.....	46
TABELA 6 – Condições utilizadas em quatro cultivares de soja durante 12 meses de armazenamento.....	53
TABELA 7 – Condições utilizadas em quatro cultivares de soja durante 12 meses de armazenamento.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DESENVOLVIMENTO.....	16
2.1 Semente	16
2.2 Características dos grãos e/ou sementes.....	18
2.2.1 Massa porosa.....	18
2.2.2 Condutividade térmica da massa de grãos	18
2.2.3 Equilíbrio higroscópico dos grãos.....	18
2.2.4 Histerese	21
2.2.5 Tempo para atingir o equilíbrio higroscópico.....	21
2.2.6 Relações da água com sementes	22
2.2.7 Formas de água nas sementes	24
2.2.8 Eventos fisiológicos associados ao teor de água	29
3 ARMAZENAMENTO	31
3.1 Função do armazenamento	33
3.2 Teor de umidade dos grãos.....	34
3.3 Temperatura de armazenamento	36
3.4 Atmosfera controla (AC)	37
4 DETERIORAÇÃO DE GRÃOS E SEMENTES.....	38
4.1 Causas da deterioração	38
4.2 Manifestações fisiológicas da perda de qualidade	40
4.3 Manifestações bioquímicas.....	40
4.3.1 Respiração e síntese de ATP.....	40
4.3.2 Alterações no Sistema Enzimático	42
4.3.3 Alterações no Metabolismo de reserva	43
4.3.3.1 Carboidratos.....	43
4.3.3.2 Lipídios	44
4.3.3.3 Proteínas.....	48
4.3.4 Alterações em Taxas de Síntese.....	48
4.3.5 Danos aos Cromossomos e Ácidos Nucléicos	49

4.3.6 Alterações nos Sistemas de Membranas	49
5 METODOLOGIA	52
5.1 Experimento 1.....	52
5.1.1 Tratamentos	52
5.1.2 Teor de Umidade.....	54
5.1.3 Germinação.....	54
5.1.4 Teste de Vigor – Envelhecimento Acelerado.....	55
5.1.5 Teste de Vigor – Condutividade Elétrica	55
5.1.6 Delineamento Experimental	56
5.2 Experimento 2.....	56
5.2.1 Análise do Experimento.....	57
5.2.2 Índice de Acidez	58
5.2.3 Índice de Peróxido.....	59
5.2.4 Delineamento experimental.....	59
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
6.1 Experimento 1.....	60
6.2 Experimento 2.....	76
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
8 BIBLIOGRAFIA.....	84

1 INTRODUÇÃO

Produto largamente utilizado em todo o mundo, a soja ocupava em 2006/2007 uma área de cultivo de 93,9 milhões de hectares, totalizando no seu complexo agroindustrial em torno de U\$ 215 bilhões/ano (USDA, 2008). No Brasil a cultura da soja ocupa 20,7 milhões de hectares, como uma produção de 58,4 milhões de toneladas (CONAB, 2008). A importância dessa cultura no âmbito mundial e nacional tem como base sua utilização para extração do óleo e obtenção do farelo de soja.

Entre colheita e industrialização, ocorre uma etapa de armazenagem, onde sementes ou grãos armazenados podem sofrer alterações em sua composição química, em razão do ambiente de estocagem. Na indústria oleaginosa os grãos passam por um período relativamente longo de armazenamento, compensando a sazonalidade entre safras para que não ocorra falta de matéria prima para extração do óleo. Quanto maior o tempo de armazenagem em silos comuns maior será o índice de acidez, em função de ações enzimáticas ou de processos oxidativos. Sendo maior o índice de acidez do óleo bruto degomado, maior o custo do processo de refino, ocasionado por uma maior adição de insumos e uma maior perda de matéria prima (óleo).

Outro aspecto importante na a implantação de novas lavouras, é a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, no período de entre safra, que em virtude da defasagem de tempo entre as safra e o próximo plantio devem ser submetidas a uma período de armazenamento. Sendo que as condições ambientais de armazenagem como temperatura do ar e umidade relativa são os fatores preponderantes para a conservação das sementes até a época do plantio. Isso se deve a característica dos grãos em interagir com as condições ambientais, pois grãos são higroscópicos. Assim os grãos armazenados a temperaturas inferiores as do ambiente, em baixa umidade relativa sofrem uma menor taxa de deterioração (PUZZI, 2000). Também para sementes o grau de umidade e a temperatura de armazenamento são os fatores de maior influência sobre a manutenção de sua viabilidade. Sendo que maioria das espécies cultivadas possui características ortodoxas, na qual, o aumento do conteúdo de água das sementes ou da umidade

relativa do ambiente, ou ainda, da temperatura de armazenamento, resulta em uma rápida perda da viabilidade, reduzindo a porcentagem de emergência a campo, além de diminuir o potencial de armazenamento.

Sabendo que em regiões produtoras de soja em nosso país estão em sua grande parte presentes em regiões tropicais e subtropicais, tem-se grande dificuldade na conservação de grãos e sementes no armazenamento, por essas regiões apresentarem, alta temperatura, durante o ciclo de armazenamento.

Portanto este trabalho objetiva avaliar a influência das condições de armazenagem e do período de conservação sobre os parâmetros de qualidade da soja, considerando suas implicações para indústria, na produção do óleo, como também para a indústria sementeira na análise de aspectos fisiológicos como germinação e vigor. O objetivo deste trabalho para o experimento um foi avaliar a influência do ambiente de armazenagem sobre a qualidade de sementes de soja, estudando: o efeito da baixa temperatura com alta umidade relativa do ar, e se o armazenamento é eficiente para a conservação de sementes por longo período. Para o experimento dois foi avaliar condições de temperatura e umidade relativa do ar como também armazenamento em atmosfera controlada, sobre a qualidade do óleo de soja extraído de grãos armazenados e se atmosfera controlada tem efeito positivo na conservação da qualidade do óleo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Semente

Calcula-se que plantas produtoras de sementes surgiram aproximadamente a cerca de 350 milhões de anos, por razão de pressões ambientais (TIFFUNY, 1977). Esse surgimento constituiu-se em grande vantagem para as angiospermas, na sua perpetuação e disseminação das espécies vegetais, tendo duas características principais, a capacidade de distribuir sua germinação no tempo, com a dormência, e no espaço utilizando mecanismos de dispersão.

Provavelmente o homem sempre se utilizou de sementes em sua alimentação, mas com caça de animais, como principal fonte de nutrição, assim o homem levava uma vida nômade em busca do alimento que conseguia apanhar. Calcula-se que a aproximadamente 10.000 a.C. (CARVALHO et al. 2000) os seres humanos verificaram que as sementes seriam de grande ajuda para o desenvolvimento de sua espécie, principalmente no que se refere a alimentação de um grande número de pessoas ou comunidade de pessoas. Adquirindo essa percepção do uso das sementes, ou seja, da relação da semente com a respectiva planta, utilizando-a como alimento e na implantação de lavouras. Com essa fonte de alimento segura, os homens começaram a agrupar-se. Então as sementes passaram a ter papel fundamental, servindo de uma das bases para o estabelecimento da sociedade como é hoje.

As sementes, utilizadas como fonte de alimento ou grãos, como convencionamos chamar a sementes destinadas a alimentação humana e animal, são compostas de três tipos básicos de tecidos: meristemático (eixo embrionário), tecido de reserva (pode ser cotiledonar, endospermático, perispermático ou ainda associação desses) e um tecido de proteção, sendo que o mais importante se tratando de alimentação é o tecido de reserva.

A característica do tecido de reserva é que ele pode ser rico de três substâncias: carboidratos, lipídios e proteínas. Sendo que a quantidade destas substâncias nas sementes é variável em dependência da espécie. De forma geral, há predominância de uma destas substâncias em quantidade sobre as outras, podendo os grãos ou sementes serem agrupados de acordo com seu tecido de

reserva como: amiláceas, oleaginosas ou protéicas, ocorrendo raramente as de reserva protéica. O amido é a substância de maior facilidade de obtenção e confecção de variados tipos de alimentos, isto prova-se tendo em vista que as gramíneas são a base da alimentação da população mundial, no passado também não era diferente, o trigo era a base alimentar das civilizações Egípcias e Mesopotâmicas, assim com posteriormente da Européia, o arroz como base das civilizações asiáticas e o milho para as civilizações da África e Américas. Ao lado das gramíneas, outras espécies serviam, como hoje servem, como fonte de lipídios e proteínas, destacando-se as leguminosas, na da civilização como conhecemos as sementes forma e são as fontes mais baratas de nutrição (CARVALHO, 2000).

Em relação a aspectos científicos, as sementes são de grande importância, pois são material de fácil obtenção e manutenção, sementes geralmente são pequenas e facilitam a manipulação e condicionamento, características que facilitam sua utilização na pesquisa. A semente também é um órgão que tem uma constituição e organização morfológica muito simples e interações fisiológicas e bioquímicas extremamente complexas, o que permite praticamente qualquer tipo de estudo em biologia vegetal.

Quanto aos padrões de qualidade para a utilização das sementes, tanto em pesquisa como suas utilizações para plantio de novas lavouras, são dois, a germinação e o vigor, tendo cada espécie vegetal um método mais adequado para sua determinação. Existem órgãos internacionais e nacionais destinados a regulamentar esse padrões de qualidade, como a ISTA (International Seed Testing Association), AOSA (Association of Official Seed Analysts), no Brasil temos a ABRASEM (Associação de Brasileira de Sementes e Mudanças) e ABRATES (Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes), sendo que todas essas instituições têm em comum o objetivo de estudar e aplicar normas mínimas para controle de qualidade de sementes. Para que o desenvolvimento da conservação de sementes e, conseqüentemente dos grãos seja direcionado para se evitar perdas e conservar a qualidade destes produtos por períodos maiores na pós-colheita.

2.2 Características dos grãos e/ou sementes

2.2.1 Massa porosa

Tanto sementes como grãos armazenados em silos ou acondicionados em sacos nas pilhas, tem comportamento de uma massa porosa, formada por grãos e do espaço intersticial, chamado também de intergranular. Uma massa de grãos de trigo, arroz ou milho apresenta de 40 a 45% de espaço intergranular (PUZZI, 2000).

2.2.2 Condutividade térmica da massa de grãos

Condutividade térmica é como o material deixa o calor de uma extremidade mais quente para uma mais fria, ou seja, qual a resistência que esse material imprime a essa troca de calor. Ferro e outros metais apresentam uma condutividade de calor facilitada em relação à massa de grãos que se comporta de outra forma por ser porosa.

Calor propaga-se de três formas por condução, convecção e irradiação. Na massa de grãos ele é propagado por condução de grão a grão, aqueles grãos que estão em contato e por micro-convecção, através do fluxo de ar intergranular deslocando-se, apenas uma mínima parte do calor é propagada por irradiação. Essas características de condução de calor e a complexibilidade do processo, dependem de vários fatores, sabendo-se que a massa de grãos tem baixa condutividade térmica, com isolamento ao fluxo de calor na ordem de 30% ao da cortiça. Segundo Puzzi (2000) uma camada de um centímetro de trigo tem isolamento comparável a 9 cm de concreto, aproximadamente. Uma diferença de 13°C da parede do silo ao interior, após 25 cm fica reduzida a 0,7°C, isso deve-se ao forte isolamento térmico da massa de grãos.

2.2.3 Equilíbrio higroscópico dos grãos

Todo material tem a propriedade de ganhar ou perder umidade, em razão da quantidade de vapor d'água do ar que o circunda, a uma determinada temperatura,

ou seja, umidade relativa do ar. O equilíbrio higroscópico ocorre quando a umidade dos grãos fica em equilíbrio com a umidade relativa do ar a uma mesma temperatura. Sem dúvida alguma, essa é a característica de grãos e/ou sementes mais importante, no que se refere a estudos sobre armazenamento.

Se em determinado ambiente a umidade relativa do ar oscila, os grãos procuram ceder ou absorver umidade, procurando sempre um ponto de equilíbrio. O ar atmosférico é composto basicamente por gases e vapor de água. Este, apesar de presente em proporção relativamente pequena, tem grande influência no comportamento fisiológico da semente, representando o componente atmosférico diretamente relacionado ao teor de água dos grãos e/ou sementes (MARCOS FILHO, 2005). Diz-se que no ponto de equilíbrio, a pressão de vapor do ar é a mesma pressão de vapor dentro do grão. Grãos com umidade elevada, também apresentam pressão de vapor elevada, grãos com pouca umidade, tem baixa pressão de vapor. Quando o ar apresenta pressão de vapor maior que a dos grãos, a umidade movimenta-se, do ar para os grãos até que não haja mais diferença entre a pressão de vapor entre eles. Também essa quantidade de vapor d'água presente no ar (umidade de saturação) é alterada em relação à temperatura do ar, sendo diretamente proporcional, quanto maior a temperatura, mais vapor d'água está contida no ar. Essa umidade de saturação é constante a uma determinada temperatura, a medida que essa temperatura sobe, o ar aumenta sua capacidade de contenção de água, praticamente a duplicando a cada 10°C (Tabela - 1). Portanto, o aquecimento do ar sem a entrada de umidade provocaria a redução da umidade relativa, do contrário a redução da temperatura sem retirada de umidade elevaria a umidade relativa. Sendo assim podemos afirmar que a temperatura também influencia a umidade de equilíbrio dos grãos armazenados. Isso deve-se principalmente em razão da quantidade de vapor d'água que o ar contém a diferentes temperaturas, então se o ar tem umidade relativa alta em baixa temperatura a quantidade de vapor d'água contida por ele é menor que um ar mais aquecido na mesma temperatura, ou seja, o ar mais frio terá uma pressão de vapor menor e, em contato com a semente, propiciará uma umidade de equilíbrio com os grãos menor. Por isso, com temperaturas menores podemos ter uma maior tolerância quanto ao nível de umidade.

Tabela – 1. Variação da umidade de saturação em função da temperatura do ar.

Temperatura (°C)	Umidade de saturação (g de vapor de água.kg ⁻¹ de ar seco)
0	3,8
10	7,6
20	14,8
30	26,4

Fonte: Harrington, 1972.

Devido as características dos grãos, sua umidade é influenciada pela umidade externa, sendo que a maioria dos modos de armazenamento convencional permite o contato dos grãos e/ou sementes com o ar ambiente. Alterando freqüentemente o teor de umidade dos produtos armazenados, sendo que cada espécie tem sua relação de equilíbrio com a umidade do ar (Tabela – 2). O teor de água dos grãos é função direta da umidade relativa do ar com o qual mantém estreito contato, incluindo o ar intersticial (MARCOS FILHO, 2005).

Tabela – 2. Teor de umidade de diversos grãos em equilíbrio com diferentes níveis de umidade relativa à temperatura de 25°C.

Grãos	Umidade Relativa (%)						
	15	30	45	60	75	90	100
Cevada	6,0	8,4	10,0	12,1	14,4	19,5	26,8
Milho	8,4	10,5	12,9	14,8	19,1	23,9	-
Aveia	6,8	8,0	9,6	11,8	13,8	18,5	24,1
Centeio	5,7	8,7	10,5	12,2	14,8	14,8	26,7
Sorgo	7,0	8,6	10,5	12,0	15,2	18,8	21,9
Trigo	6,4	8,5	10,0	11,5	14,1	19,3	26,6
Linho	4,4	5,6	6,3	7,9	10,0	15,2	21,4
Amendoim	2,6	4,2	5,6	7,2	9,8	13,0	-
Soja	4,3	6,5	7,4	9,3	13,1	18,8	-
Feijão	5,6	7,7	9,2	11,1	14,5	-	-

Fonte: Puzzi, 2000.

Analisando a tabela 2, pode-se separar em um tipo diferente de grãos quanto à umidade de equilíbrio, os grãos ricos em óleo (linho, Amendoim e soja), estes sempre apresentam umidades de equilíbrio mais baixas em vários níveis de

umidade relativa. Isso ocorre em razão do alto conteúdo de matéria graxa (lipídios) destes grãos, esta possui menos pontos de ligação com a água, sendo que sua associação dá-se por pontes de hidrogênio, podendo ser chamada de hidrófoba.

2.2.4 Histerese

Histerese é a diferença na taxa de absorção e água (adsorção) para a taxa de perda de água (dessorção) para o meio, ou seja, a umidade de equilíbrio higroscópico do grão não é a mesma em uma dada umidade relativa do ar e temperatura, se o grão está cedendo ou absorvendo umidade. Sendo assim a histerese é um obstáculo para a determinação exata do equilíbrio higroscópico.

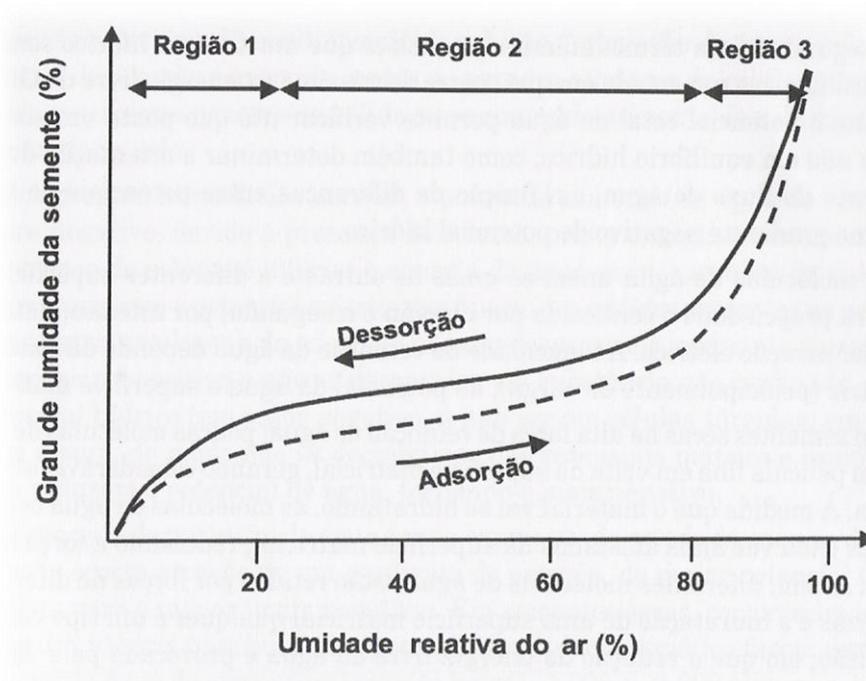


Figura – 1. Representação gráfica de isotermas de adsorção e de dessorção, indicando o fenômeno de histerese. (fonte SUN, 2002).

2.2.5 Tempo para atingir o equilíbrio higroscópico

O tempo para se atingir o equilíbrio higroscópico, é dependente de vários fatores como: influência do grau de umidade, umidade relativa do ar, da

permeabilidade do tegumento. De maneira geral, o equilíbrio higroscópico é atingido mais rapidamente em lotes menores, sob temperaturas mais elevadas, com a ocorrência de grande diferença de potencial hídrico entre os grãos, do vapor d'água atmosférico e em grãos e/ou sementes danificadas.

Quando uma grande massa de grão exposta a condições atmosféricas, demorará um longo período até que o equilíbrio higroscópico seja obtido e a umidade desta massa de grãos seja uniforme. Se considerássemos a necessidade da perda (desorção) de água de uma massa de grãos para que estes se tornem secos, o tempo de secagem seria muito longo e, conseqüentemente, ocorreriam danos aos grãos armazenados.

Essa interação água grãos e/ou semente não tem sido estudada com o interesse que esta relação merece.

2.2.6 Relações da água com sementes

Água, substância extremamente importante para a vida, fator indispensável para as reações químicas e biológicas, solvente universal e fator de mobilidade de substâncias e também como principal componente dos tecidos vivos, tanto de animais como plantas. Um desses processos dependentes da água é a germinação, tão desejado para as sementes e indesejado no armazenamento, sendo que a água é responsável por reações de hidrólise e de síntese de novos tecidos. Estudos da relação da água/semente devem considerar tanto os processos que conduzem ao desenvolvimento quanto os que ocorrem em tecidos desidratados, pois a água possui diversidade de atuação para assegurar à normalidade de atividades tão opostas, além de interferir em outros processos fisiológicos, como a respiração, a dormência, a deterioração, e de se associar a ocorrência de injúrias física ou mecânica, quando presente em quantidade excessiva ou insuficiente (MARCOS FILHO, 2005).

A água constituinte em média de 70% do protoplasma das células, tem função de organização da estrutura celular e de processos bioquímicos (catabolismo e anabolismo). Sendo ela envolvida em todos os processos dinâmicos das células, e também produto do metabolismo, a água tem papel importante na organização do

sistema de membranas celulares, de todas as organelas, em razão de seus efeitos na estrutura dos fosfolipídios.

Sabemos que a integridade das membranas é fundamental para preservação da viabilidade das sementes e seus constituintes de reserva. As membranas têm função primordial, no gerenciamento do fluxo de materiais entre compartimentos celulares, controle do metabolismo intermediário, estabelece interligação da atividade enzimática e manutenção da individualidade dos compartimentos celulares incompatíveis (MARCOS FILHO, 2005). Assim a desorganização das membranas, verificada durante a desidratação, pode comprometer o desempenho das sementes (PRIESTLEY, 1986). Existem níveis críticos de conteúdo de água está para a manutenção dos processos fisiológicos de um modo normal, sendo que para a manutenção da integridade das membranas é de 25% de umidade, e para início do processo de germinação o conteúdo de água em torno de 30 a 40% de umidade. Portanto, a medida que a célula perde água, a concentração de solutos sobe, havendo um decréscimo na fluidez do meio aquoso, afetando o comportamento fisiológico dos tecidos (VERTUCCI; FARRANT, 1995). Mas nem todos os processos nas sementes são determinados pela água como o ataque de microrganismos e degradação enzimática de compostos, que são dependentes de água em níveis metabólicos, mas existem processos que ocorrem mais rapidamente se houver pouca disponibilidade de água, como é o caso dos processos de oxidação. Quando as sementes apresentam umidade inferior a certos limites, a água da camada de hidratação é retirada e reações de autooxidação lipídica ocorrem, ocasionando a atuação e formação de radicais livres. Segundo Marcos Filho (2005), a água influencia as reações químicas, tanto no aspecto quantitativo (controle da cinética) quanto na qualitativa (controle da ocorrência ou não da reação).

Portanto torna-se importantíssimo a manutenção de níveis adequados de umidade dos grãos e/ou sementes, para controle da velocidade e intensidade das reações, garantindo a qualidade dos grãos armazenados e a assegurando o potencial fisiológicos das sementes.

2.2.7 Formas de água nas sementes

Conforme a literatura, três tipos de água associa a grãos e/ou sementes: **água absorvida ou água livre** (água tipo 3), associada ao sistema coloidal da semente, por meio de forças capilares, ocupando espaços intercelulares e poros do material; **água adsorvida** (água tipo 2), também considerada livre, mas presa ao sistema graças à atração molecular, sendo retida por adesão de suas moléculas ao material sólido; **água de constituição ou de composição** (água tipo 1), unida quimicamente à substância adsorvente ou fazendo parte integrante dessa substância e removida apenas sob condições especiais.

Esses conceitos de água presente na semente por vezes se apresentam de difícil entendimento e hora confusos como no caso da conceituação de água absorvida e adsorvida, ambos são considerados tipos de água livre.

Atualmente, o fator identificador do potencial de água nas sementes usa como base o potencial hídrico e o modo de ligação com as macromoléculas (VERTUCCI; FARRANT, 1995). Esses pesquisadores consideram o grau de umidade e a temperatura os fatores determinantes do comportamento fisiológico das sementes, ressaltando a importância do conhecimento das propriedades da água e como estas se relacionam ao grau de umidade de grão e/ou sementes.

Macromoléculas como proteínas têm suas propriedades de superfície modificadas pela quantidade de água associada a esta, assim como outras macromoléculas. Proteínas são compostos orgânicos formados por seqüência de aminoácidos, que apresentam muitos sítios de sorção de água. Grupos iônicos e polares das proteínas propiciam ligações com as ligações de hidrogênio das moléculas de água como grupos amina (NH_2), hidroxila (OH), carboxila (COOH) e outros. Essas múltiplas formas de ligação condicionam a conformação da proteína (VILLELA; MARCOS FILHO, 1998). Modificações na atividade metabólica da semente, em resposta a variações do teor de água, parecem estar associadas a alterações discretas nas propriedades físicas da água (MARCOS FILHO, 2005).

Características de macromoléculas em sementes podem ser descritas conforme o modelo das proteínas globulares, em que as posições ou sítios de sorção têm afinidades distintas com a água. Uma proteína seca ao ser hidratada, a água liga-se primeiramente aos sítios carregados da molécula, e em seqüência aos

sítios hidrofílicos, e umedecendo completamente a molécula de proteína, a água forma pontes sobre as posições hidrofílicas expostas.

Interação da água com a superfície variam em relação as proteínas, dependendo da região da macromolécula, as propriedades da água são alteradas discretamente à medida que a molécula vai se hidratando.

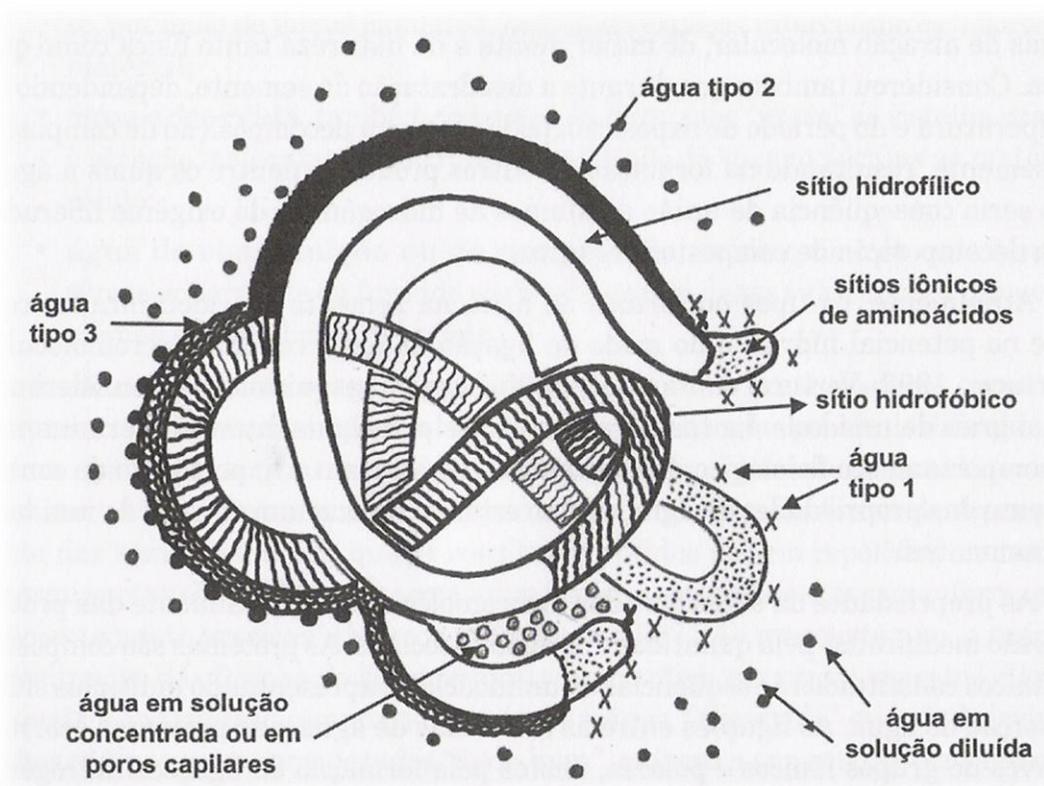


Figura – 2. Modelo conceitual da ligação de água em uma proteína, indicando três tipos de água. (fonte VERTUCCI, 1993).

Com um modelo de vários sítios de sorção da água nas macromoléculas, foi descrito por Vertucci e Farrant (1995) cinco tipos de água na semente e os intervalos correspondentes de potenciais hídricos e de teores de água, de acordo com a mobilidade da molécula e as propriedades termodinâmicas da água.

Água tipo 1: contida em tecidos muito secos (grau de umidade inferior a 7,5%, base úmida) praticamente sem mobilidade. Esta água está fortemente associada a macromoléculas, através de ligações químicas (quimissorção), ligada

provavelmente por ligações iônicas, sendo considerada estrutural, não possui propriedades como solvente. Considera-se como água de constituição.

A água tipo 1: está presente em sementes muito secas e, neste nível fisiológico, a atividade metabólica é restrita, embora algumas reações peroxidativas tenham sido documentadas na literatura. Sua remoção pode acentuar a taxa de deterioração dos tecidos porque a proteção contra efeitos tóxicos de radicais livres e/ou desnaturação é reduzida, além de afetar a fluidez dos componentes aquosos das células. Assim, reações que ocorrem nas regiões hidrofóbicas das sementes têm continuidade, independentemente do estado energético da água. Não ocorrem reações mediadas por enzimas, predominando os eventos catabólicos (PAMMENTER; BERJAK, 2000).

Água tipo 2: sementes hidratadas até graus intermediários de umidade, alteram as propriedades termodinâmicas da água (teor de água de 7,5 a 20%). Essa água forma uma película delgada na superfície da matriz, apresentando interação com os sítios polares de macromoléculas e exibindo potencial hídrico de -11 a -150 MPa. Trata-se de água multicamada, ligando-se à macromoléculas através de pontes de hidrogênio. A partir deste ponto a água passa a ter papel de solvente, adquirindo propriedades mais próximas a seu estado livre. A energia de ligação da água tipo 2 é claramente menor que a água tipo 1, mas ambas não são congeláveis.

As reações que envolvem água são facilitadas, como, por exemplo, as catalisadas por enzimas, mas ainda não ocorre a síntese de proteínas e de ácidos nucléicos. Há atividades oxidativas, alterações nos componentes lipídicos e degradação de vários constituintes celulares. Neste nível, as reações químicas mediadas por sistemas enzimáticos simples começam a ser observadas, enquanto as atividades oxidativas se relacionam às taxas de deterioração. Como as reações de deterioração não estão confinadas às regiões hidrofóbicas, vários constituintes celulares estão suscetíveis à degradação e, portanto, ocorrem reações catabólicas; o entanto, quando o grau de umidade é inferior a 10%, apresenta características vítreas e essas reações são reprimidas (MARCOS FILHO, 2005).

Água tipo 3: Apenas após a hidratação adicional dos tecidos (20 a 33% de água) há indicação da presença de água congelável. No entanto, essa água, chamada tipo 3, ainda tem propriedades incomuns, que a distinguem de uma solução muito diluída, embora possa promover o umedecimento da superfície de macromoléculas. O comportamento é menos definido, dependendo da composição

química do tecido e das variações da temperatura. Essa água se associa aos sítios hidrofóbicos das macromoléculas, formando pontes de união; sua presença assinala alterações em lipídios das membranas. É retirada com tensões de -4 a -11 MPa.

A atividade fisiológica das sementes se altera drasticamente. O transporte de elétrons nos mitocôndrios é facilitado, a respiração é intensificada, há início do metabolismo, mas os sistemas de reparo ainda não são ativados. É possível a atividade de microrganismos e a deterioração é acelerada porque as reações são favorecidas nesse estado de hidratação, também atingido em sementes submetidas a testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada.

As águas de tipos 2 e 3 correspondem ao que se considerava água adsorvida. A água se torna congelável quando atinge níveis mais próximos do limite superior estabelecido para o nível 3 de hidratação.

Água tipo 4: Corresponde às características de solução concentrada, ocupando espaços intercapilares entre as macromoléculas e não interagindo com sua superfície. Esta retida com tensões entre -2 e -4 MPa (-20 a -40 atm), correspondendo a teores de água entre 33 e 41%.

Nessa fase, o metabolismo das sementes é pouco conhecido, mas sabe-se que é ativada a síntese de proteínas e ácidos nucléicos e os mecanismos de reparo de DNA, permitindo evolução em direção à germinação, principalmente nas monocotiledôneas. Esse tipo de água inclui os graus de umidade favoráveis ao armazenamento de várias espécies recalcitrantes e ao desenvolvimento das sementes durante grande parte do período de maturação.

Água tipo 5: Correspondendo às características apresentadas por uma solução diluída. Sua ocorrência é observada sob grau de umidade superior a 41% e está retida com tensões inferiores a -1,5 MPa, não se ligando às macromoléculas. A germinação somente se completa quando essa água está presente. É antigamente chamada água livre.

Os tipos quatro e cinco de água são os que preenchem pequenos poros e que compõem a solução celular, respectivamente, não interagindo com a superfície da proteína. Esses dois tipos têm propriedades muito semelhantes às da água em uma solução muito diluída e correspondem à água considerada absorvida. Na água absorvida atuam apenas forças capilares e a união semente/água seria tão fraca que esta manteria praticamente suas propriedades do estado livre e as moléculas do tecido absorvente serviriam apenas com estrutura de suporte; as forças que agem

são do tipo capilar e de pequena monta. No processo de adsorção agem as forças de atração molecular, de natureza química e física.

Quanto ao grau de hidratação da semente são referidos três níveis metabólicos: **estado ametabólico**, em que não pode ocorrer nenhuma reação intermediada por enzimas; **estado intermediário** de metabolismo, em que ocorrem reações simples; **estado completamente ativo**, em que são observados processos integrados, como o transporte de elétrons em mitocôndrias. Assim, a atividade metabólica pode não ocorrer nos níveis mais baixos de hidratação, mas se verifica em ausência de água livre.

A quantidade de água presente nos grãos e/ou sementes correspondente aos níveis de hidratação dependem da espécie e composição química das sementes. Porém as faixas de umidade relativas do ar que determinam esses teores são semelhantes para as diferentes espécies, ou seja, para o tipo um, inferior a 30%, tipo dois, de 30 a 85%, e tipo três de 85 a 92%, a 25°C, independentemente da espécie, tipo de tecido e sua composição.

Tabela – 3. Tipos de água das sementes e respectivos potenciais hídricos e teores de água nas bases seca e úmida.

Tipos	Potencial hídrico (MPa)	Teor de Água	
		B _s ¹	B _u ²
1	< -150	< 8,0	< 7,5
2	-150 a -11	8 a 25	7,5 a 20
3	-11 a -4	25 a 45	20 a 33
4	-4 a -1,5	45 a 70	33 a 41
5	< -1,5	> 70	> 41

Fonte: MARCOS FILHO (2005).

¹ Bs: base seca

² Bu: base úmida

Sabe-se que a água ligada a macromoléculas esta estruturada e não é congelável (MARCOS FILHO, 2005). Sabe-se que organismos tolerantes à dessecação, não hidratados, como sementes, acham-se em estado vítreo “glassy”, com o citoplasma das células apresentando alta viscosidade, assegurando a permanência da semente em um estado quiescente por período de tempo prolongado.

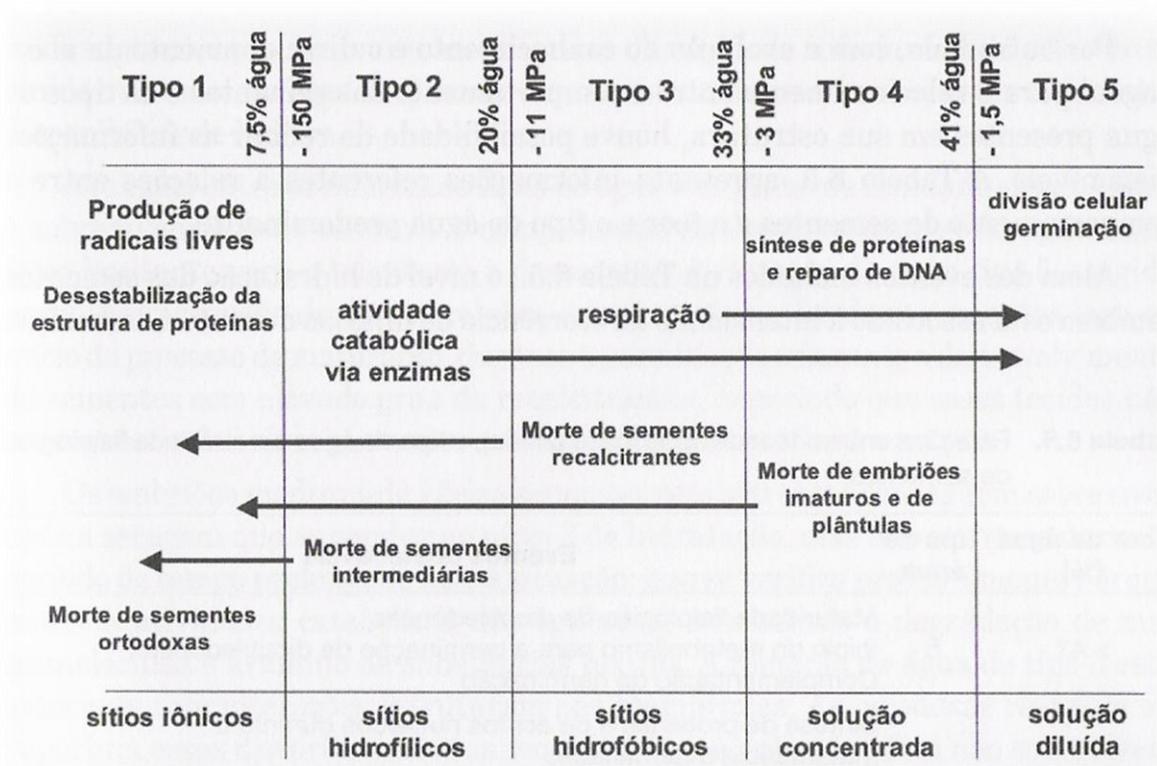


Figura – 3. Representação esquemática de relações entre eventos metabólicos em sementes e respectivos níveis de hidratação, setas indicam a abrangência da influência dos tipos de água. (fonte VERTUCCI, 1993).

Em resumo, sob diferentes níveis de hidratação dos tecidos, a água possui propriedades físicas distintas. Quando o teor de água e o potencial hídrico são elevados, a água tem propriedades típicas de uma solução diluída. A medida que o tecido desidrata, a água passa a exibir características de solução concentrada, em que a interação água/soluto esta distante da ideal. A redução drástica da quantidade de água torna a solução ainda mais concentrada, acentuando sua viscosidade e aproximando-a do estado vítreo (glassy). Por fim, em baixo grau de umidade, caracterizado por sementes ortodoxas, a água mantém-se fortemente ligada às superfícies das macromoléculas, com mobilidade extremamente reduzida (Tabela - 3).

2.2.8 Eventos fisiológicos associados ao teor de água

Sempre quando falamos de atividades fisiológicas de sementes, devemos sempre apresentar a relação com o conteúdo de água de grãos e/ou sementes, pois a atividade fisiológica é diretamente proporcional ao teor de água. Por isso, grande parte dos pesquisadores têm procurado analisar os eventos fisiológicos sempre os

associando ao conteúdo de água de grãos e/ou sementes correspondentes. Toledo (et al, 1977) apresentaram informações a esse respeito, com base na literatura, evidenciando que os fenômenos encontrados também podem ser influenciados pela temperatura, de modo que as atividades metabólicas das sementes podem ser mantidas em níveis relativamente baixos, desde que permaneçam em ambiente com temperatura moderada (inferior a 15°C).

Além dos eventos presentes na Tabela - 4, o nível de hidratação das sementes está relacionado intensidade da ocorrência de injúrias durante a embebição para a germinação, sementes muito secas (teor de umidade inferior a 11% - b_u), sofrem maior dano quando em contato com alta disponibilidade de água.

A relação dos tipos de água com o nível de umidade das sementes e sua sobrevivência em relação à sua tolerância à dessecação, dá a dimensão da essencialidade da água. A remoção da água tipo 5, exigida para a manutenção do turgor celular, assume caráter letal em sementes logo no início do processo de maturação, durante a germinação e durante o desenvolvimento de sementes com elevado grau de recalcitrância, sugerindo que esses tecidos não conseguem sobreviver as estresses mecânicos associados à secagem (MARCOS FILHO, 2005). Já a remoção de água do tipo 3 está associada com alterações estruturais nas membranas. As sementes ortodoxas (no nosso caso a soja) resistem ou suportam esses distúrbios, mas as recalcitrantes e grãos de pólen não sobrevivem quando apresentam graus de umidade inferiores a esse nível de hidratação.

A remoção da água tipo 1 letal às sementes de comportamento intermediário entre as ortodoxas e as recalcitrantes e também pode afetar a longevidade de algumas ortodoxas (MARCOS FILHO, 2005).

3 ARMAZENAMENTO

Uma das mais importantes etapas no processo tanto no que nos referimos a beneficiamento de sementes como ao recebimento de grãos, é o armazenamento. Etapa fundamental para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes como também das qualidades nutricionais que os grãos oferecem. O armazenamento visa à conservação da qualidade das sementes e grãos, utilizando o controle das condições ambientais para a manutenção da viabilidade do produto armazenado.

O armazenamento é utilizado desde a antiguidade para evitar a falta de alimento em razão da sazonalidade dos cultivos, devido às limitações climáticas ou ao tempo de desenvolvimento das culturas. Com isso, os povos têm desenvolvido meios de conservar seus alimentos e sementes por um tempo maior. Com a visão da utilização das sementes para a efetuação de novos plantios e alimentação de vilas ou cidades, passou-se a pensar em uma maneira de armazenar, por períodos longos de tempo, a produção, para que a oferta de alimentos não reduzisse com a sazonalidade dos plantios, e para que as sementes permanecessem viáveis para o próximo plantio.

Cientistas franceses, ao estudar o comportamento da humanidade nos seus primórdios, chegaram a interessante conclusão de que a aprendizagem da armazenagem foi um divisor na história da humanidade (WEBER, 2001). O armazenamento de alimentos proporcionou que os povos nômades permanecessem estabelecidos e deixassem de vagar em busca de alimento, passando assim ao hábito de plantar, colher e armazenar seu próprio alimento. Uma das referências mais antigas dessa preocupação com o armazenamento de grãos é datada do ano de 4000 a.C. aproximadamente, com a descoberta de vestígios da construção de silos elaborados por egípcios datados dessa época. Os silos eram circulares em pedra e cobertos com um tipo de argamassa, esses eram cheios pela parte superior da construção de forma manual, esses silos não eram grandes, tinham mais ou menos oito metros de diâmetro. Para Harrington (1972), a região do oriente médio e Egito, foram o berço da civilização por possuírem condições ambientais favoráveis ao armazenamento de sementes devido ao clima seco destas regiões.

Com o passar dos séculos, o armazenamento evoluiu, com o advento de novas práticas e manejo dos grãos armazenados, mas principalmente no século XX,

assim como em outras áreas da humanidade, esse foi o século de grande crescimento da ciência e pesquisa, como a utilização de máquinas, descoberta da energia elétrica e forte aplicação do conhecimento tecnológico.

A migração da agricultura indo de uma agricultura familiar, ou seja, o próprio produtor armazenava sua produção, para uma agricultura comercial. Com construção de grandes silos e criação de estoques reguladores e de instituições governamentais com função de gerência deste estoques somados a programas governamentais de incentivos a construção de silos e formação de cooperativas de recebimento e comercialização de grãos, impulsionou o armazenamento no Brasil.

A armazenagem em nosso país tem uma carência muito grande em relação a investimentos governamentais ou de programas de incentivo para ampliação da capacidade de armazenagem brasileira nos dias de hoje. No Brasil houve um programa de incentivo na década de 1970, chamado Pronazém, que objetivava beneficiar armazenagens em nível de propriedades, mas também havia outros níveis de financiamento. Dos anos 70 aos nossos dias muito pouco foi feito em termos de incentivo à construção de novas unidades armazenadoras, o que torna nosso custo de produção menos competitivo, pois temos elevação dos custos, principalmente de frete e despesas de conservação dos grãos.

Segundo Weber (2005), o Brasil tem um déficit de armazenagem grave, sendo que esta falta de capacidade estática é responsável por 20% das perdas. Se considerarmos que regiões onde a fronteira agrícola não pode ser expandida como em nosso estado o Rio Grande do Sul, ainda existe déficit de armazéns. Conforme dados da Conab (2004), o Brasil tem uma capacidade estática de 94.080.431 toneladas, deste valor apenas 69.348.512 toneladas em silos a granel, o que é um valor extremamente abaixo da produção nacional que na safra 2006/2007 foi de 143,87 milhões de toneladas (CONAB, 2008). A capacidade estática em níveis aceitáveis deveria ser de no mínimo igual produção. Considerando um índice de capacidade estática bom, este deveria ser igual a um, ou seja, o resultado da divisão entre armazenamento e produção, que no caso do Brasil é de 0,65, ou seja, apenas 65% da produção total de grãos do país. Esse déficit agrava-se ano após ano, com o aumento da demanda mundial de alimentos, e incentivo da elevação da produção pelo crescimento dos preços dos produtos agrícolas. O Brasil, com isso, perde competitividade, pois necessita se desfazer dos estoques para receber próxima safra ou mesmo aumentar sua capacidade dinâmica, desperdiçando melhores

oportunidades de negócio. Portanto, que nosso país, sendo a maior fronteira agrícola em extensão de terras agricultáveis e considerado o celeiro mundial, necessita de medidas governamentais de incentivo para fazer valer este título, criando estruturas e ampliando sua capacidade estática, tornando-se verdadeiramente um celeiro.

3.1 Função do armazenamento

O armazenamento tem por função tão somente a conservação dos grãos ou sementes com a mesma qualidade com que vieram do campo, ou seja, a mesma qualidade que na ocasião da colheita. Visa, portanto conservar o produto com as qualidades originais pelo período de tempo mais longo possível. Então pode-se concluir que condições desfavoráveis de armazenagem contribuem para a redução na viabilidade de sementes e perda de qualidade de grãos. Quanto à soja, conforme Popinigis (1985), as sementes desta espécie são consideradas de vida curta e, por isso, condições desfavoráveis de armazenamento podem acelerar ainda mais a deterioração. Quando ocorrem perdas de qualidade, tanto fisiológicas quanto de qualidade dos grãos, essas perdas são de caráter irreversível e, em muitos casos, o produto armazenado perde as condições mínimas de comercialização.

Para Baudet (2003), a deterioração da semente é um processo irreversível, não se pode impedi-la, mas é possível retardar sua velocidade com o controle das condições ambientais durante o armazenamento de forma eficiente. Salienta-se que o grau de umidade da semente armazenada, é determinado pela umidade relativa do ar e, em menor grau, pela temperatura, sendo que esse dois fatores ambientais determinam o tempo que a semente permanece viável no armazenamento (MISRA, 1981).

Pode-se dizer que a função da armazenagem, tanto de grãos destinados à alimentação (humana ou animal) como de sementes, tem por base a conservação das condições iniciais ou retardo da degeneração da qualidade pelo controle de três principais fatores: umidade dos grãos, umidade relativa do ar e temperatura do ambiente de armazenagem. Os fatores que mais influenciam a viabilidade da semente de soja, durante o armazenamento, são o teor de água da semente, a

temperatura e a umidade relativa do ar (MINOR; PASCHAL, 1982 e DHINGRA, 1985).

Segundo Puzzi (2000), a função da armazenagem é manter a composição química do produto, carboidratos, proteínas, gorduras, fibras minerais e vitaminas no seu estado natural e minimizar a redução do poder germinativo e do vigor das sementes.

3.2 Teor de umidade dos grãos

Esse é um dos fatores preponderantes para a conservação de grão, considerado o mais importante e fator limitante do tempo de conservação dos produtos armazenados, tanto é que pode-se dizer que quanto maior a umidade do produto armazenado, maior será sua perecibilidade e menor seu tempo de armazenamento. O teor de umidade governa a qualidade do produto armazenado (PUZZI, 2000).

Para que o processo de conservação seja eficaz, deve-se ter em vista a redução da umidade dos grãos armazenados, grãos com altos teores de umidade constituem-se em locais de desenvolvimento microrganismos, insetos e ácaros. Sabemos que a água é um solvente universal e que é ela que proporciona a mobilidade dos componentes para as reações químicas, então em grãos com umidade elevada reações químicas ocorrerão. Já aqueles grãos em que a água tem níveis baixos, a água esta presente de forma adsorvida a matéria seca, estando assim as reações químicas impossibilitadas de ocorrer, conservando o produto. Porém se essa água adsorvida a matéria seca é retirada, os componentes químicos tornam-se suscetíveis a reações de oxidação pelo oxigênio.

A maioria dos autores relaciona a conservação à atividade metabólica dos grãos, ou seja, sua taxa de respiração ou até alguns a chamam de atividade vital, sendo esse fator intimamente ligado à umidade dos grãos, é mais facilmente controlado com a redução da umidade dos grãos. Tentativas de armazenamento de produtos com níveis altos de umidades, foram frustradas pelo alto metabolismo que esses produtos apresentaram, sendo que ocorre aquecimento na massa de grãos, desenvolvimento de mofos, grãos germinados e, por último, ocorrência de podridões.

Para Puzzi (2000), grãos com teores baixos de umidade, podem permanecer armazenados por muitos anos, sem grandes perdas, mesmo sob condições em que o armazenamento não é o ideal. Cardoso (2004), trabalhando com sementes de soja armazenadas com 12,1% de umidade em diferentes temperaturas, não verificou perda de viabilidade na semente. Porém, quando armazenadas com 14,7% de umidade a uma temperatura de 25°C, apresentaram uma queda significativa de viabilidade após 12 semanas.

Com há uma relação direta da umidade dos grãos com seu tempo de permanência viável no armazenamento, passou-se a procurar quais os níveis de umidade mais adequados para as espécies para longos períodos de armazenamento. Na tabela abaixo são apresentados alguns níveis de umidade.

Tabela – 4. Teor máximo de umidade de diversos grãos, para um longo período de armazenamento

Produto	Teor de Umidade (%)
Trigo	12
Aveia	13
Cevada	13
Sorgo	12
Milho	13
Soja	11
Arroz em casca	12

Fonte: Puzzi, 2000.

O nível máximo de umidade que os grãos armazenados podem apresentar tem dependência com vários fatores, entre eles a espécie do grão, modo e tempo de armazenagem, e condições do clima da região de armazenamento. Com relação ao clima, sabe-se desde os primórdios na história do armazenamento, que civilizações antigas como a Egípcia, sabia utilizar muito bem seu clima quente porém seco para conservação dos grãos.

O armazenamento de grãos pode ser processado em qualquer região, mesmo que o clima desta região seja desfavorável ao armazenamento (umidade e temperatura do ar altas), desde que os grãos armazenados estejam secos e permaneçam desta forma. Segundo Puzzi (2000), o teor de umidade dos grãos armazenados aumenta rapidamente, quando em contato com uma umidade relativa

do ar superior a 70%. Amaral e Baudet (1983) relatam que após dois meses de armazenamento, na região de Pelotas – RS, as sementes de soja já atingem o equilíbrio higroscópico, ficando o grau de umidade das sementes em equilíbrio ao redor de 15%, nos meses de junho e julho, período em que a umidade relativa do ar alcançou índice médio mais elevado, de 87,7%.

3.3 Temperatura de armazenamento

É amplamente conhecido o efeito da temperatura na conservação dos materiais biológicos, produtos biológicos, que apresentam processos químicos ou físicos que acarretam perda de qualidade, conservam-se melhor em ambientes refrigerados. Essa afirmativa baseia-se no fato de que com a elevação da temperatura as reações químicas são aceleradas.

Sendo assim, a temperatura pode compensar os efeitos da alta umidade dos grãos armazenados, pode-se então armazenar grãos com umidade inadequada para conservação e manter a qualidade, com o manejo da temperatura. Burrell (1970), mostrou que grãos de cevada, que apresentavam alta umidade, conservaram-se por um período de um ano a 5°C.

Apesar da umidade dos grãos ser considerada o fator mais importante na conservação, a temperatura também é uma fator muito importante e que contribui para alongar o período de armazenamento, mesmo com grãos com umidade elevada. Estudos da ação da temperatura do ambiente sobre a massa de grãos tem oferecido dados importantes para melhora das técnicas de armazenagem.

Uma massa de grãos estando fria tem menor possibilidade de sofrer deterioração. Mesmo que seu valor de umidade seja alto, temperaturas baixas compensam os efeitos do teor de umidade, tanto no que diz respeito a processos metabólicos, ataque de microrganismos, insetos e ácaros. O armazenamento das sementes de soja nas temperaturas de 18 ou 22°C por oito meses reduz a viabilidade de *Phomopsis sojae*, principalmente nos quatro primeiros meses, mantém estável do gênero *Fusarium* spp. e varia a incidência de espécies de *Colletotrichum* spp e de bactérias (BIZZETTO; HOMECHIN, 1997).

Elevação da temperatura entre certo intervalo, acelera as reações do processo respiratório proporcionalmente a temperatura. É aceito que em climas frios

pode-se armazenar grãos com umidade de até 1 a 1,5% acima de níveis considerados adequados para a espécie. Miranda (1987), ao estudar a qualidade das sementes de soja armazenadas em embalagens permeáveis e semipermeáveis no Centro - Oeste e Nordeste brasileiro, concluiu que os locais que apresentaram condições ambientais de menor temperatura e menor umidade relativa do ar, propiciaram melhor preservação da qualidade fisiológica semente.

3.4 Atmosfera controla (AC)

Esse sistema de armazenamento é comumente utilizado para armazenar a granel frutas e vegetais que tem período de produção sazonal e grande perecibilidade. Consta de uma modificação na composição gasosa da atmosfera que envolve o produto e constante monitoramento desta condição, em condições de temperatura e umidade relativa do ar, específicas. As modificações são paliçadas em container de transporte ou em câmaras de conservação, sendo que as alterações na atmosfera devem ser adequadas ao produto armazenado e seu estágio de maturação.

Atmosfera controlada baseia-se na redução dos níveis de O_2 (oxigênio) e elevação dos níveis de CO_2 (dióxido de carbono), retardando assim a taxa de respiração do produto e seu processo de envelhecimento e perda de qualidade (BRACKMANN, 2002). Tendo assim como benefícios de sua utilização: aumento da vida útil do produto, retarda a deterioração da aparência, coloração, textura, aroma e qualidade nutricional, reduz perdas no manuseio pós-colheita, reduz perdas na distribuição e estocagem e possibilita atingir mercados mais distantes, devido ao aumento da vida útil.

4 DETERIORAÇÃO DE GRÃOS E SEMENTES

Sementes são estruturas biologicamente projetadas para perpetuação da espécie e têm a habilidade de permanecerem viáveis, por um tempo, até que encontrem condições favoráveis ao desenvolvimento. Salvo as diferenças no beneficiamento, um bom armazenamento para grão e/ou sementes seria aquele capaz de propiciar a conservação da integridade física, química e fisiológica, pelo maior período de tempo possível, preservando assim a efetividade do uso tanto de grãos como de sementes para suas finalidades, mas sabe-se que grãos ou sementes são seres vivos e, por isso, não consegue-se conservar suas funções vitais indefinidamente.

Deterioração é um processo progressivo de desorganização de tecidos e função que culmina com a morte, isto provoca a inativação do metabolismo e morte do indivíduo. Para Roberts (1981), as sementes ou grãos são afetados significativamente pelas condições do meio ambiente, sendo que a taxa de deterioração depende diretamente da temperatura, umidade relativa do ar e histórico das sementes, fatores estes que afetam as características das sementes em seus aspectos físicos, químicos, fisiológicos e sanitários. Em razão destas diferenças lotes de mesma idade podem apresentar níveis de deterioração diferentes. Outro aspecto importante é que a maioria da literatura traz resultados contidos em experimento com armazenamento, mas o processo de deterioração começa logo após a maturação fisiológica das sementes. A deterioração é contínua e irreversível, não sendo possível recuperar a qualidade dos grãos e/ou sementes perdida durante os processos de pós-colheita, nem ressuscitar uma semente morta (DELOUCHE, 1963).

4.1 Causas da deterioração

Sob quaisquer condições ambientais as sementes deterioram-se, em armazéns comuns ou bancos de germoplasma. Esse processo, também chamado de envelhecimento das sementes, é de grande importância, pois, muitas vezes, seu efeito só é sentido no campo, após a constatação de baixo desempenho das

sementes, a queda do potencial fisiológico das sementes pode ser sentido através de queda da germinação, velocidade e uniformidade da emergência das plântulas.

No processo de deterioração das sementes, um dos primeiros eventos de degradação é a perda da permeabilidade de membrana. Esta perde sua seletividade e, as enzimas tornam-se menos eficientes nas atividades catalíticas, acúmulo de mutação em cromossomos (SMITH; BERJAK, 1995). Ocorre também desgaste de reservas e acúmulo de substâncias tóxicas. Últimas pesquisas tem focado o estudo da inativação de enzimas fundamentais e desnaturação de proteínas fundamentais no metabolismo, mas mesmo que existam locais da célula mais propensos a deterioração, as membranas, pela instabilidade dos lipídios, são os principais alvos das mudanças prejudiciais as sementes (MCDONALD, 1999). No entanto, existe carência de informações sobre as causas da deterioração, sua seqüência correta e a cinética do processo (WALTERS, 1998).

São destacados eventos na deterioração do DNA devido à degradação de RNAm, baixa atividade de enzimas e menor produção de ATP. Há também várias referências à redução da síntese de DNA e da atividade respiratória, além da sensibilidade dos mitocôndrios à deterioração. Em adição a essas manifestações bioquímicas, são destacadas as alterações na estrutura do sistema de membranas celulares, com redução ou perda da permeabilidade seletiva. Sabe-se que organelas de partes diferentes dos tecidos das células possuem funções específicas, diferindo em forma, metabolismo, função e sensibilidade. Macromoléculas, que são essenciais para a germinação, degradam-se durante o envelhecimento. Para Marcos Filho (2005), algumas destas proteínas-chave podem ser usadas como medida da qualidade da sementes (vigor), mesmo quando há queda das reservas das sementes. Assim, o conhecimento da bioquímica das sementes pode ser considerado fundamental para o esclarecimento de grande parte das dúvidas ainda existentes.

Um dos caminhos para se entender os processos degenerativos dos grãos e/ou sementes, seria o estudo da fisiologia e bioquímica celular, direcionando desta forma os estudos quanto à qualidade de sementes e grãos ao metabolismo celular, porque antes de ocorrer mudança de qualidade em relação à germinação e desenvolvimento no campo, outras mudanças degenerativas já ocorreram e são de caráter bioquímico e estrutural.

4.2 Manifestações fisiológicas da perda de qualidade

A deterioração, em casos muito raros e severos, manifesta-se em forma de alterações morfológicas em sementes, uma das exceções é o escurecimento do tegumento de leguminosas no armazenamento. Sendo que as manifestações de ordem fisiológica mais evidente no processo de deterioração, dentre essas as que se destacam são:

- ✓ Redução da velocidade de emergência: geralmente causada pela perda da permeabilidade de membranas, sendo o primeiro sintoma da perda de desempenho e qualidade das sementes;
- ✓ Redução na velocidade de crescimento;
- ✓ Queda quantitativa do crescimento;
- ✓ Plântulas mais suscetíveis a fatores ambientais, menor resistência;
- ✓ Decréscimo do potencial de conservação durante o armazenamento;
- ✓ Menor resistência a microrganismos;
- ✓ Maior exigência as condição de germinação;
- ✓ Aumento da taxa de anormalidades de plântulas, associada à morte de tecidos ou distúrbios durante o crescimento;
- ✓ Menor germinação, em laboratório;
- ✓ Formação de plantas estéreis;
- ✓ Perda do poder germinativo.

4.3 Manifestações bioquímicas

4.3.1 Respiração e síntese de ATP

Respiração é um processo enzimático que envolve um grupo determinado de enzimas, que são dependentes de substâncias de reserva. Com o agravamento do processo de deterioração, a respiração diminui sua taxa até o colapso metabólico da semente. Em sementes envelhecidas, após longo período de armazenagem ou exposição a condições desfavoráveis de ambiente, a germinação pode ser muito afetada, e o vigor é reduzido significativamente (ABU-SHAKRA; CHING, 1967). Possivelmente, é a indicação que os mitocôndrios ou grande parte de seu número

perderam sua eficiência, pois essa queda da germinação geralmente é acompanhada por redução na taxa de respiração, quando comparamos plântulas originadas de sementes deterioradas com sementes mais vigorosas. Os mitocôndrios são os maiores produtores da forma de energia mais comum, o trifosfato de adenosina (ATP), portanto, sua atividade interfere diretamente nos processos vitais da semente.

Segundo Bewley e Black (1994), a atividade e integridade dos mitocôndrios de embriões viáveis aumentam a partir do início da embebição, tornando mais eficiente a produção de ATP, refletindo a elevação do consumo de oxigênio. Molécula essa primordial para fornecimento de energia aos processos metabólicos seguintes. No entanto, com o envelhecimento, há queda gradativa do número e da eficiência dos mitocôndrios, além da formação muito lenta, de novos mitocôndrios durante a embebição, alterações essas são verificadas, geralmente, antes de afetarem a velocidade de germinação e de crescimento (FERGUSON, 1990).

As tentativas para melhor compreensão do processo de deterioração de sementes devem levar em consideração a influência da peroxidação de lipídios sobre a eficiência dos mitocôndrios, geralmente o primeiro passo em direção à morte da célula (McDONALD, 1999). Mitocôndrios são organelas que possuem uma rede de membranas abundantes, geralmente estão mais concentrados em células meristemáticas, liberando energia para síntese de tecidos. Um dos problemas decorrentes da peroxidação de lipídios é a liberação do radical superóxido. Esse radical promove alterações nas membranas das cristas do mitocôndrio e o conseqüente decréscimo na formação de ATP na germinação.

Por outro lado, o acúmulo de produtos tóxicos durante a deterioração inclui a formação de etanol e de aldeídos (resultado da respiração anaeróbica e da peroxidação de lipídios), de ácidos graxos de cadeias curtas e de compostos fenólicos, também produtos secundários da peroxidação de lipídios (COOLBEAR, 1995). Todos esses compostos inibem a germinação e podem afetar o desenvolvimento das plântulas; o etanol e o aldeído acético, por exemplo, podem prejudicar a atividade dos mitocôndrios.

Em resumo, as alterações respiratórias durante a deterioração determinam: declínio da tomada e consumo de oxigênio pelos tecidos embrionários e de reserva; aumento da liberação de gás carbônico; aumento do quociente respiratório; decréscimo da atividade de enzimas respiratórias; alterações do nível de ATP ou

decréscimo de sua formação; produção de etanol e de aldeídos voláteis tóxicos à germinação; decréscimo do número, integridade, atividade, eficiência, e degeneração das estruturas dos mitocôndrios; redução da eficiência dos mecanismos de reparo das membranas e DNA.

4.3.2 Alterações no Sistema Enzimático

É possível identificar a atividade de uma enzima durante a embebição das sementes e verificar alterações quanto ao seu metabolismo. Dentre as alterações enzimáticas mais freqüentes no processo de deterioração, destacam-se: alterações na estrutura de enzimas; inativação progressiva de enzimas; redução ou paralisação da síntese de certas enzimas; menor atividade de enzimas respiratórias; deformações no processo de síntese ou este é suprimido, acarretando em problemas na divisão e alongamento celular, respiração e atividades gerais de síntese.

Ocorre decréscimo na atividade de enzimas como catalase, desidrogenase e descarboxilase do ácido glutâmico, com isso há uma redução no fornecimento de nutrientes para a germinação, decréscimo este ocasionado por mudanças na estrutura das proteínas. Normalmente enzimas hidrolíticas tornam-se mais eficientes a medida que o teor de água das sementes chega próximo ao necessário para a germinação. No entanto, se esse grau de umidade não é estabelecido, a semente deteriora-se rapidamente pelo consumo de energia ou acúmulo de produtos digeridos, que impedem a continuidade do processo (COPELAND; McDONALD, 1995).

Walters (1998) e McDonald (1999) destacaram eventos causadores da deterioração, após ampla revisão bibliográfica, referiram-se a alterações na atividade enzimática, indicando:

- ✓ Redução na atividade de α e β -amilase, hidrolise, catalase, peroxidase, ATPase, citocromo oxidase, DNA-ligase, DNA-polimerase, esterase, fosfatase ácida, álcool e malto desidrogenase;
- ✓ Acréscimo na atividade de RNase, glutadiona oxidase, protease, fosfolipase;
- ✓ Tanto a redução como acréscimo da atividade de isoesterases, superóxido dismutase, lipoxigenase.

A atividade de amilases, catalisadoras da digestão do amido, também é intensa em sementes e grãos úmidos, mas, em geral, a deterioração é mais rápida quando o teor de água supera 20% (MARCOS FILHO, 2005). A malato desidrogenase desempenha papel significativo no ciclo de Krebs, participando de reações fundamentais na produção de ATP e de compostos intermediários essenciais para o funcionamento das células (TAIZ, 2004). O decréscimo da atividade dessas enzimas, durante a deterioração, compromete a respiração, a mobilização de reservas e o metabolismo de síntese.

A produção de radicais livres afeta a formação de várias enzimas, mediante a promoção de modificações na sua estrutura. No entanto, um dos principais efeitos desses radicais é a degradação do sistema de síntese de novas enzimas, estudada indiretamente através da comparação entre os níveis de síntese de proteínas durante a germinação de sementes com diferentes níveis de vigor (McDONALD, 1999).

4.3.3 Alterações no Metabolismo de reserva

A utilização dos tecidos de reserva pelas sementes ricos em amido, lipídios e proteínas, pode ser afetada se o processo de deterioração promoveu alguma alteração, prejudicando assim processos de síntese e liberação de energia.

4.3.3.1 Carboidratos

Na deterioração, ocorre decréscimo no conteúdo de açúcares solúveis, no teor de açúcares totais e elevação nos níveis de açúcares redutores, conseqüentemente, há perda da capacidade de utilização de carboidratos, afetando sua mobilização dos tecidos de reserva para o eixo embrionário.

Alterações no níveis de carboidratos solúveis conduzem à limitação da disponibilidade de substratos para a respiração, provocando queda da germinação e do vigor das sementes. As reduções no níveis de sacarose, rafinose e estaquiiose pode afetar o grau de proteção proporcionado pelos açúcares à integridade das membranas.

Por outro lado, a presença de açúcares redutores pode induzir a deterioração dos componentes das proteínas através das reações de Amadori e Maillard, principalmente em sementes secas. A sacarose é extremamente eficiente na

proteção da integridade das membranas, em sementes secas; rafinose aumenta o efeito protetor, limitando a cristalização (BERNAL-LUGO; LEOPOLD, 1992).

4.3.3.2 Lipídios

Ocorrem em todos os vegetais em uma proporção de 2 a 50% (MARCOS FILHO, 2005), da matéria seca, apenas uma pequena parte é composta por fosfolipídios (componentes da grande para das membranas vegetais) e quase sua totalidade é de lipídios de reserva.

A instabilidade química que os compostos lipídicos torna-os um dos principais fatores do processo de deterioração, não são raras as referências quanto à rancidez, como causa do efeito da degradação de lipídios, através da hidrólise enzimática, peroxidação e autoxidação. Como resultado não há apenas a destruição dos lipídios, mas uma série de reações gerando produtos potencialmente tóxicos como: degeneração de componentes de membranas, que têm conseqüências mais graves que a dos lipídios de reserva (MARCOS FILHO, 2005).

A hidrólise de lipídios (lipases) acarreta a formação de glicerol e ácidos graxos e essa reação é acelerada com a elevação do grau de umidade e temperatura. O acúmulo contínuo de ácidos graxos livres acarreta a redução do pH celular, prejudica o metabolismo, promove a desnaturação de enzimas e a redução de sua atividade (ARAÚJO, 2004).

Radical livre é um átomo ou um grupo de átomos com um elétron não pareado na última camada, que pode ser produzido por vias de autoxidação ou ação de enzimas oxidases (lipoxidase). Esses radicais livres são altamente reativos conhecidos como hidroperóxidos, que se desdobram em uma grande variedade de produtos intermediários, como; outros radicais livre, que se decompõem liberando, aldeídos, ácidos, alcoóis e cetonas, em sua maioria compostos voláteis.

Conforme McDonald (1999), a principal causa da deterioração de sementes é a peroxidação lipídica, que consiste na oxidação de cadeias de ácidos graxos hidrocarbonados, produzindo radicais livres, hidroperóxidos e vários produtos secundários, mediante a ação de enzimas oxidativas, como lipoxigenase. Ocorre tanto em lipídios armazenados como nos componentes das membranas. Os mitocôndrios representam as principais organelas a exibir danos ultraestruturais, causados pela desorganização das membranas, com efeitos negativos na

respiração. Portanto um efeito esperado da peroxidação de lipídios é o decréscimo da fluidez das membranas.

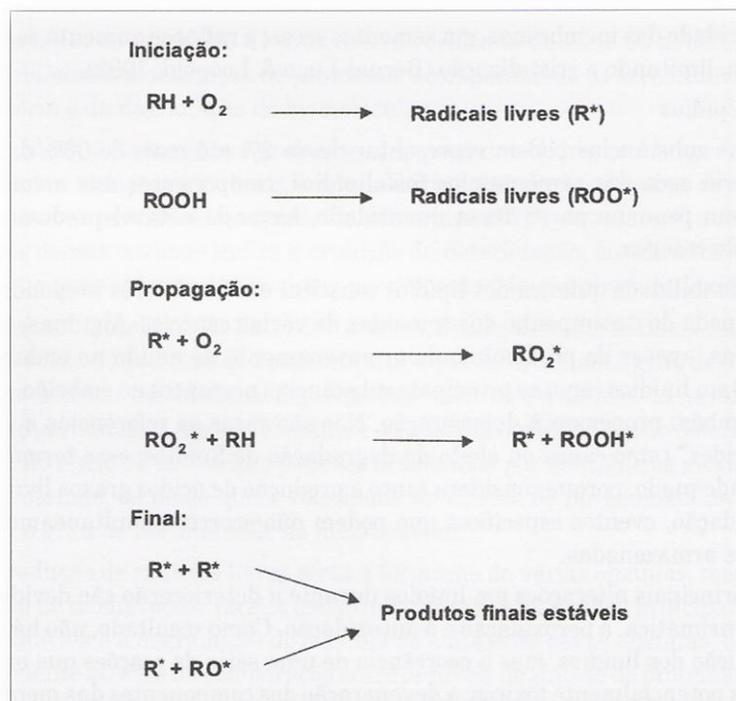


Figura – 4. Esquema da autoxidação lipídica, fonte Marcos Filho (2005).

Autoxidação pode ocorrer em todas as células, mas predomina onde a umidade dos grãos é inferior a 6% (base úmida), enquanto peroxidação atua em sementes com grau de umidade próximo ou superior a 14%, por enzimas hidrolíticas.

O mecanismo de autoxidação sempre tem início a partir da ação do oxigênio sobre ácidos graxos insaturados, como oléico e linolênico, muito comuns em membranas, resultando na liberação de radicais livres, geralmente H^+ , do grupo metileno dos ácidos graxos, adjacente à cadeia dupla (MARCOS FILHO, 2005).

Em outros casos, o radical livre H^+ pode se combinar com outros radicais livres dos grupos carboxílicos (ROOH), deixando livre um radical peróxil (ROO) (ARAÚJO, 2004). Esses radicais provocam danos profundos as membranas, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos. Várias formas de radicais livres têm sido observadas ou detectadas em tecidos vivos, cada uma com capacidade diferente para danificar as células (McDONALD, 1999):

- ✓ Ânion superóxido (O_2^-): produzido por autoxidação de hidroquinonas, leucoflavinas e tióis; também se formam via enzimática, por desidrogenases de flavoproteínas, como desidrogenase mitocondrial NADH.
- ✓ Peróxido de hidrogênio (H_2O_2): produzido por dismutação espontânea ou enzimática ou por redução do oxigênio. Flavoenzimas, como a oxidase monoamina, presentes na membrana externa dos mitocôndrios de praticamente todas as células, provavelmente são principais contribuintes para a geração intracelular de H_2O_2 .
- ✓ Radicais hidroxil (OH): formados a partir de O_2 e H_2O_2 , em presença de ferro, que age como catalisador dessa reação. Nas células, o ferro pode ser agregado a compostos como ATP, GTP e citrato, formando complexos quelados mais solúveis de ferro. Esses radicais OH são mais reativos e combinam, quase que imediatamente, com qualquer molécula no próprio local em que são formados.

Assim, os lipídios dos grão e/ou sementes estão sujeitos ao constante ataque pelo oxigênio, formando hidroperóxidos, ácidos graxos oxigenados e radicais livres. Estes são quimicamente instáveis e podem danificar as moléculas mais próximas, se as sementes estiverem muito secas, os danos não serão reparados, os efeitos se acumularão durante o armazenamento e se manifestarão durante a germinação.

Tabela - 5. Efeito do teor de umidade sobre o índice de acidez do óleo, de grãos de soja armazenados a 37°C.

Umidade (%)	Índice de acidez
12	1,0
13	1,1
15	1,5
16	1,8
18	7,0

Fonte: Araújo, 2004.

A peroxidação de lipídios é, portanto, potencialmente danosa, sob diferentes aspectos: destruição de lipídios de membranas, promovendo a perda da permeabilidade seletiva; oxidação de aminoácidos; degradação de DNA e de proteínas; ataque de radicais livres; formação de aldeídos tóxicos às células. A proporção de ácidos graxos insaturados, em relação aos saturados, condições de

temperatura e umidade relativa do ar determinam a extensão dos danos (MARCOS FILHO, 2005).

Também os lipídios sofrem ação enzimática de degradação dos ácidos graxos de reserva na presença de água e temperatura por ação de lípases (ARAÚJO, 2004).

No caso de óleos as duas alterações químicas mais importantes que ocorrem naturalmente são oxidação e a lipólise. A lipólise é a hidrólise da ligação Ester por certas enzimas (lípases) ou pela combinação de calor e da umidade, que tem como resultado a liberação de ácidos graxos, que pode ser desejável ou não à qualidade do produto. A lipólise é indesejável a alguns produtos pela formação de sabor e odor estranho (rancidez hidrolítica). A oxidação de lipídios é uma das mais importantes causas da deterioração da qualidade dos alimentos, devido à formação de sabores e odores indesejáveis (rancidez oxidativa), bem como a formação de substâncias potencialmente tóxicas. Durante a oxidação de lipídios, diversas reações de decomposição ocorrem simultaneamente, levando à formação de misturas complexas de produtos, incluindo aldeídos, cetonas, alcoóis e hidrocarbonetos. Vários destes produtos são voláteis e, portanto, contribuem com odor característico associado à oxidação de lipídios.

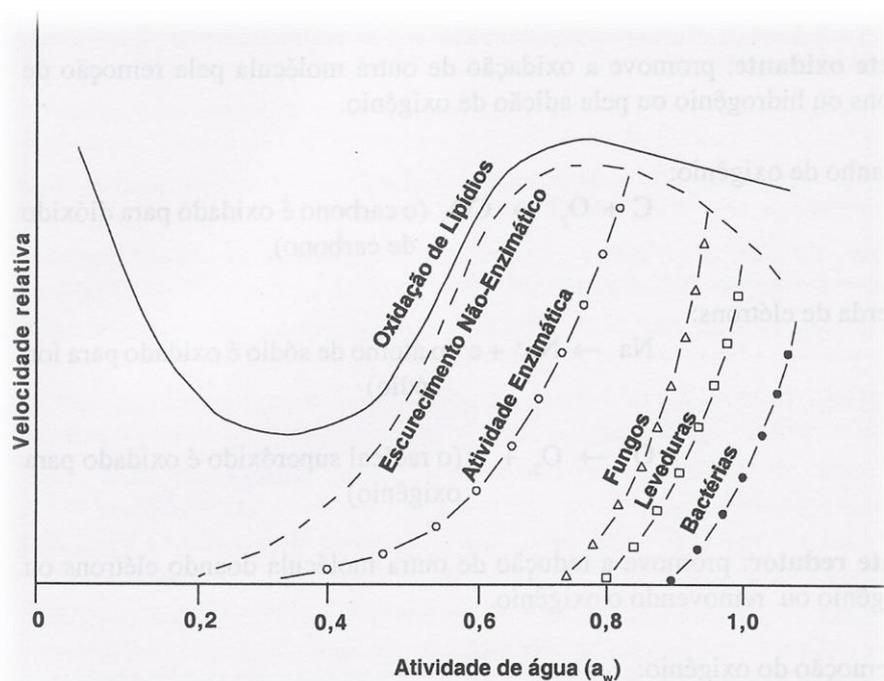


Figura – 5. Estabilidade dos alimentos em função da atividade da água (a_w). Fonte Araújo (2004).

4.3.3.3 Proteínas

Estas são primordiais em sementes, pois exercem funções tanto enzimáticas como de reserva. A maioria das sementes armazena proteínas, mas o vigor está muito mais relacionado à integridade do sistema de síntese durante o processo de germinação do que ao conteúdo de proteínas (ABDUL-BAKI, 1980). Esse mesmo autor também considera que um dos primeiros eventos bioquímicos verificados quando as sementes são expostas a condições desfavoráveis de ambiente é o dano à síntese de proteínas durante as primeiras horas da embebição na germinação.

A síntese de proteína independe da síntese de novo RNA, e o reinício da síntese de DNA, ocorrer com o crescimento do eixo embrionário. O RNAm é armazenado e logo após a embebição e passa ao citoplasma da célula, ocorrem a síntese de novas proteínas, com o passar do tempo novo RNAm é sintetizado, a medida que o armazenado é degradado. A desnaturação de proteínas durante a deterioração prejudica severamente ou inviabiliza a germinação.

Desta maneira, podem ser destacados os seguintes eventos relacionados a alterações em proteínas durante a deterioração: decréscimo no teor de proteínas; baixa síntese de proteínas; acréscimo no teor de aminoácidos; redução de proteínas solúveis; desnaturação provocada por temperaturas elevadas, determinando a perda da habilidade de desempenhar funções.

4.3.4 Alterações em Taxas de Síntese

O processo de germinação é constituído por três etapas metabólicas essenciais: reativação de sistemas preexistentes, a síntese de enzimas para catabolismo das reservas e a síntese de novos componentes celulares (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Todas essas reações dependem de enzimas, substâncias de reserva organelas celulares, para a recuperação ou síntese de novos compostos. Em sementes de baixo vigor, a complexibilidade dessas reações aumenta em virtude do trabalho adicional dos mecanismos de restauração e/ou regeneração de membranas e reparo de constituintes essenciais. Em embriões envelhecidos, as taxas de síntese são reduzidas, e os não-viáveis não apresentam síntese após a embebição. Redução esta é relacionada ao declínio da atividade dos componentes

citoplasmáticos, incluindo fatores relacionados à iniciação do metabolismo e alongamento celular (MARCOS FILHO, 2005).

4.3.5 Danos aos Cromossomos e Ácidos Nucléicos

Os processos degenerativos dos compostos de reserva, degradação de enzimas, perda da seletividade das membranas, síntese de proteínas e ácidos nucleicos podem ocasionar problemas de anomalias celulares. A ocorrência de aberrações celulares durante a divisão mitótica no momento da protrusão da raiz primária proporciona as primeiras evidências da ocorrência de alterações genéticas em sementes armazenadas (PRIESTLEY, 1986).

A redução da integridade do DNA durante o envelhecimento das sementes demonstra que o DNA e as proteínas envolvidas em seu metabolismo são propensos à deterioração, as lesões provocadas podem traduzir-se em distúrbios à germinação, com intensidade variável de acordo com o genótipo (OSBORNE; BOUBRIAK, 1994).

Boubriak et al. (1997) demonstrou que um dos primeiros eventos ativados com a embebição é a ação de mecanismos de reparo de possíveis danos ao DNA. Se ocorrer bloqueio à atuação desses mecanismos, a degradação do DNA pode se acentuar e provocar distúrbios ao desempenho das sementes.

Portanto, a deterioração pode provocar decréscimo das concentrações de DNA e RNA, danos aos cromossomos, decréscimo da síntese DNA e RNA, além de acréscimo de aberrações durante a anáfase, indução de mutações, alterações na transcrição da mensagem genética e aumento da degradação do DNA. No entanto, é mais provável que esses eventos sejam destacáveis apenas em estádios mais avançados do processo de deterioração e constituam manifestações e não causas do envelhecimento.

4.3.6 Alterações nos Sistemas de Membranas

As membranas são compostas de fosfolipídios e proteínas, formando um complexo que, em situação normal, permanece em fase líquida cristalina, alterada para gel, em circunstâncias especiais influenciadas pelas condições do ambiente. A organização se mantém estável graças à relação entre os componentes de membrana e a água (MATTHEWS, 1995).

Não há dúvidas de que as sementes armazenadas durante longos períodos perdem gradativamente a integridade do sistema de membranas, com reflexos na taxa de liberação de solutos quando as sementes são embebidas. Essa ocorrência tem sido avaliada através da permeabilidade seletiva das membranas, geralmente detectadas indiretamente pelos testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio.

Segundo Marcos Filho (2005), há pelos menos três implicações importantes decorrentes da desorganização das membranas:

- ✓ Muitos destes constituintes exsudados são essenciais para a germinação;
- ✓ Alguns dos compostos exsudados são necessários para a manutenção do potencial osmótico interno, responsável pela normalidade da tomada de água, além de manter o turgor celular necessário para a protrusão da raiz primária;
- ✓ A liberação desses exsudados para o meio externo estimula o desenvolvimento de microrganismos.

A presença de sacarose, rafinose, estaquiose e verbascose contribui significativamente para a manutenção da estabilidade do sistema de membranas (BERNAL-LUGO; LEOPOLD, 1995). O mecanismo da deterioração se relaciona, provavelmente, com: os radicais livres, produzindo como resultado da peroxidação de lipídios durante o envelhecimento, reagem com os lipídios das membranas, acarretando distúrbios à sua estrutura e alterações nas reservas armazenadas nas sementes (ABDUL-BAKI; BAKER, 1973). Como conseqüências principais dessa desestruturação, devem, portanto, ser destacadas: menor controle da seletividade de membranas, compartimentização celular é perdida, falhas no metabolismo celular, gasto excessivo de energia celular com mecanismos de reparo e de síntese, eventos que afetam diretamente o desempenho fisiológico das sementes. Conforme esquema acima, proposto Osborne (1980), como ocorre a seqüência de eventos degenerativos até a perda da viabilidade das sementes.

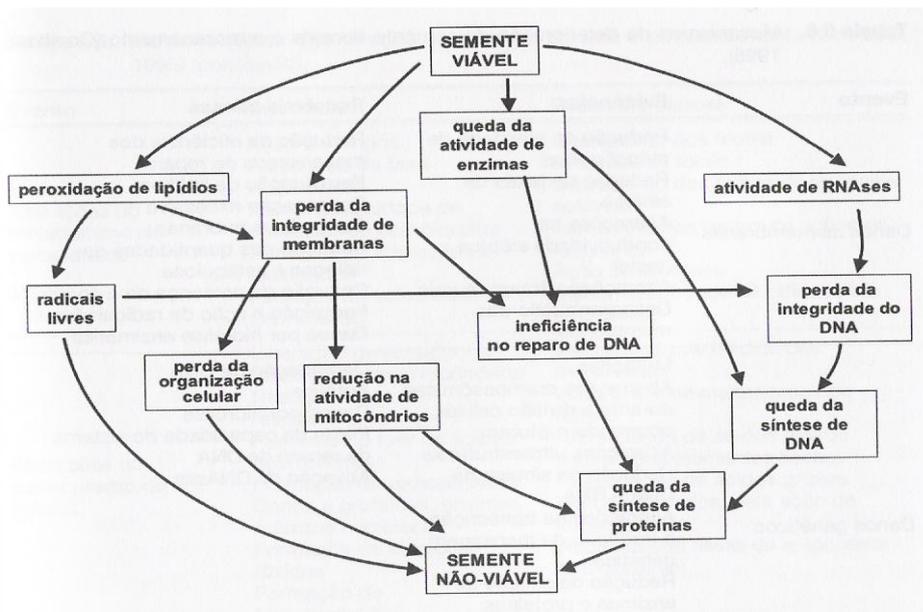


Figura – 6. Seqüência do processo de deterioração (ARAÚJO, 2004).

5 METODOLOGIA

5.1 Experimento 1.

O trabalho foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP), dentro do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, em 2006/07. As sementes utilizadas foram obtidas de uma área de produção de sementes da empresa Agrosolo – Luiz Minozzo & Cia Ltda, do município de Santiago – RS de propriedade de Luiz Felipe Minozzo e João Elias Da Pieve Bordignon.

As amostras selecionadas foram tomadas de um lote maior na quantidade de cinquenta quilos cada, constando de quatro cultivares de soja: Miréia, Monaska, CD-214 e 8000, todas sementes colhidas na safra 2005/06. As sementes ao chegarem ao NPP, foram limpas, secas e homogeneizadas, as amostras experimentais de um quilo para cada cultivar ficaram na URI - Santiago para procedimento das análises de qualidade fisiológica inicial.

O processo de armazenamento e condicionamento das amostras dentro das condições propostas neste trabalho, e condução do experimento durante os 12 meses de armazenamento foram efetuados no do NPP/UFSM. As análises de qualidade fisiológica, foram feitas em parceria com o Laboratório de Sementes da URI, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santiago – RS.

5.1.1 Tratamentos

Os tratamentos aplicados no experimento 1, constaram de combinações de umidade relativa e temperatura de armazenamento, com oscilações de temperatura e umidade durante o período de armazenamento em regime de intermitência, simulando mudanças de condições ambientais ao longo do armazenamento. As condições ambientais avaliadas pode ser vista na tabela 6.

Tabela - 6. Condições ambientais a que foram expostas as quatro cultivares de soja durante 12 meses de armazenamento.

Tratamento	Temperatura		Umidade Relativa do ar (UR)	
	Qualidade	Inicial	-	-
0	Qualidade	Inicial	-	-
1	Permanente ⁴	Ambiente ¹	Permanente	Ambiente ¹
2	Permanente	25°C	Permanente	UR Baixa ²
3	Permanente	20°C	Permanente	UR Alta ³
4	Permanente	20°C	Permanente	UR Baixa
5	Permanente	10°C	Permanente	UR Baixa
6	Permanente	10°C	Permanente	UR Alta
7	Intermitente ⁵	25°C-14 dias + 20°C-14 dias	Permanente	UR Baixa
8	Intermitente	20°C-14 dias + 10°C-14 dias	Permanente	UR Alta
9	Intermitente	20°C-14 dias + 10°C-14 dias	Permanente	UR Baixa
10	Permanente	20°C	Intermitente	UR Alta-14 dias + UR Baixa 14 dias
11	Permanente	10°C	Intermitente	UR Alta-14 dias + UR Baixa-14 dias

¹Condições de temperatura e umidade relativa em sala de laboratório;

²UR Baixa – $72 \pm 5\%$;

³UR Alta – $90 \pm 5\%$;

⁴Regime permanente de temperatura ou umidade relativa do ar;

⁵Regime alternado de temperatura ou umidade relativa do ar.

Para o armazenamento foram utilizadas minicâmaras de 80 e 140 litros, onde as amostras foram acondicionadas. Para separação dos tratamentos dentro das minicâmaras foram utilizados sacos de polietileno com filme de espessura de 30µm, perfurado. Cada repetição continha 250g de sementes, sendo um total para cada tratamento de um quilo de sementes.

As temperaturas das câmaras de armazenamento foram reguladas automaticamente por termostatos de alta precisão, dentro das minicâmaras a

determinação a umidade relativa do ar foi feita através de psicômetros. Para evitar-se o acúmulo de CO₂, dentro das minicâmaras foi utilizada cal hidratada.

Para o controle da umidade relativa do ar dentro das minicâmaras foi utilizada sílica gel, que era trocada periodicamente (três vezes por semana), ou quando esta não possibilitava mais o controle do conteúdo de água do ar, a quantidade utilizada de sílica gel foi aquela em que as condições de armazenagem para os tratamentos de UR Baixa foram atingidas.

Quanto às análises de qualidade fisiológica das sementes estas foram efetuadas em três épocas, no tempo 0, 6 e 12 meses. Com os seguintes parâmetros avaliados: teor de umidade das sementes, germinação e vigor (envelhecimento acelerado e condutividade elétrica). Todas as análises de teor de umidade e germinação foram conduzidas conforme Brasil (1992), para os testes de vigor foi utilizada a metodologia da ABRATES (1999).

5.1.2 Teor de Umidade

A determinação do grau de umidade baseia-se na perda de peso das sementes quando secas em estufa, a 105°C ± 0,5 por 24 horas, com quatro repetições de 50 gramas, para as quatro variedades em todos os tratamentos, todos os resultados de umidade foram expressos na base úmida obtido pela seguinte equação:

$$\% \text{ de Umidade } (U) = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

Onde: P = peso inicial, do recipiente e sua tampa, mais peso da semente úmida;

p = peso final, do recipiente e sua tampa, mais o peso da semente seca;

t = tara, o peso do recipiente com sua tampa.

5.1.3 Germinação

Objetivo deste teste é obter informações sobre a qualidade das sementes para fins de semeadura em campo e fornecer dados que possam ser usados, juntamente com outras informações, para comparar diferentes lotes de sementes. A germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento

das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo.

As análises foram realizadas utilizando substrato de papel, com quatro repetições de 100 sementes, totalizando 400 sementes. Os rolos foram colocados em germinador, dentro de sala de germinação, a temperatura durante o teste era de $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5$, com contagem aos sete dias após a semeadura. As médias das contagens foram expressas em percentagem de germinação.

5.1.4 Teste de Vigor – Envelhecimento Acelerado.

O teste de envelhecimento tem como base o fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente através de sua exposição a níveis muito adversos de temperatura e umidade relativa, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e velocidade de deterioração. Assim, verifica-se que amostras com vigor baixo apresentam maior queda de sua viabilidade, quando submetidas a essa situação. Portanto, as sementes mais vigorosas geralmente são menos afetadas em sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada, após serem submetidas ao envelhecimento.

Nas análises foi utilizado o método da caixa gerbox, com quatro repetições de 40 g de sementes cada caixa, onde já haviam sido acrescentadas 40 ml de água destilada e deionizada. A temperatura durante o teste de envelhecimento foi mantida a $41^{\circ}\text{C} \pm 0,2$ por período de 48 horas, condição recomendada para soja. Após este procedimento as repetições foram semeadas, conforme descrito neste trabalho, para o teste de germinação.

5.1.5 Teste de Vigor – Condutividade Elétrica

O valor da condutividade elétrica, medido em função da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes, está, por sua vez, diretamente relacionado à integridade das membranas celulares, tendo, assim, sido proposto como um parâmetro de avaliação do vigor das sementes. Sendo um método rápido e prático de determinar o vigor de sementes, podendo ser conduzido facilmente na grande maioria dos laboratórios de sementes.

Nas análises o teste de vigor por condutividade elétrica foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, pesadas com duas casas decimais após a vírgula, embebidas em 75ml de água destilada e deionizada, com condutividade $\leq 3-5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. As amostras foram postas em germinador a $25^{\circ}\text{C} \pm 0,2$ durante 24 horas, Após as 24 horas fez-se a leitura da condutividade elétrica utilizando um condutivímetro, com sensor de constante 1.0. A condutividade obtida foi dividida pelo peso da amostra e expressa em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

5.1.6 Delineamento Experimental

O delineamento utilizado para as quatro cultivares de soja foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, cada um com quatro repetições. As análises estatísticas foram realizadas na forma de um experimento bifatorial, levando em consideração os fatores temperatura e umidade relativa do ar. Todas as médias foram submetidas ao teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Os dados expressos em porcentagem, exceto os referentes à umidade das sementes, foram transformados pela fórmula $\text{arc.sen}\sqrt{x/100}$ antes de serem submetidos à análise da variância.

5.2 Experimento 2.

O experimento dois também foi conduzido dentro do NPP/UFSM, também com as cultivares do experimento um, utilizadas neste caso, para armazenamento de grãos e extração e óleo. Também para este experimento foram utilizado regimes diferentes de temperatura e umidade relativa do ar, e dois tratamento com utilização de atmosfera controlada (AC).

Foram utilizadas minicâmaras de 80 e 140 litros, com os grãos acondicionados em sacos plástico de $\pm 30\mu\text{m}$ com quatro microperfurações por cm^2 . Cada repetição composta de 500 g de grão, perfazendo um total de dois quilos por tratamento.

As sementes submetidas à atmosfera controlada foram armazenadas em minicâmaras experimentais com 80L de volume, fechadas de forma hermética, nas quais instalou-se a condição dos tratamentos (Tabela - 9). Para a instalação da

atmosfera, reduziu-se a pressão parcial de O₂ com a injeção de nitrogênio produzido por um gerador de N₂, que usa o princípio “Pressure Swing Adsorption” (PSA). Para evitar o acúmulo de CO₂ utilizou-se cal hidratada no interior da minicâmara. Para manter a UR do ar durante o armazenamento das sementes em 72±5%, utilizou-se sílica gel.

Instalou-se um psicrômetro no interior de cada minicâmara, para acompanhar a UR, de modo a determinar o momento de se efetuar a troca da sílica gel, quando esta saturava.

As minicâmaras de AC foram conectadas a um equipamento eletrônico de medição e controle automático de gases da marca Agridatalog (Climasul), sendo realizadas as correções das pressões parciais dos gases três vezes por semana. As temperaturas das câmaras de armazenamento foram reguladas automaticamente por meio de termostatos de alta precisão e acompanhadas diariamente por meio de termômetros com bulbo de mercúrio, permitindo-se uma variação de ±0,2°C.

A tabela 7 apresenta os tratamentos aplicados no experimento 2:

Tabela - 7. Condições ambientais utilizadas em quatro cultivares de soja durante 12 meses de armazenamento.

Tratamento	Temperatura	UR do ar	Condição AC
1	20°C	UR Baixa ¹	-
2	20°C	UR Alta ²	-
3	10°C	UR Baixa	-
4	20°C	UR Baixa	O ₂ 1kPa e 0 kPa de CO ₂
5	20°C	UR Baixa	O ₂ 21kPa e 15 kPa de CO ₂

¹UR Baixa – 72 ± 5%;

²UR Alta – 90 ± 5%.

5.2.1 Análise do Experimento

Para o processo analítico para qualidade do óleo extraído dos grãos, sob estas condições de armazenamento, foram submetidos à secagem, em estufa de fluxo de ar, a temperatura de 65°C, até que a umidade dos grãos fosse reduzida até 10%. Após essa etapa, os grãos foram armazenados em congelador horizontal na temperatura de -35°C, por um período de três meses, aguardando a época de análise.

Para o processo de extração de lipídios, análise do índice de acidez e índice de peróxido, os grãos eram retirados do congelamento e imediatamente triturados e submetidos à extração da fração lipídica em extrator Soxhlet, com éter de petróleo, conforme norma Instituto Adolfo Lutz (2006), as extrações e análises para o experimento 2 foram realizadas em triplicata.

Logo em seguida, o excesso de solvente foi retirado com auxílio de um aparelho rotavapor, com operação a vácuo, na seqüência o óleo de soja extraído das amostras era pesado e efetuadas as análises de índice de acidez e índice de peróxido.

5.2.2 Índice de Acidez

A determinação do índice de acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. Os processos de hidrólise, oxidação ou fermentação, quase sempre alteram a concentração dos íons hidrogênio. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento, luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Esses podem ser expressos em índice de acidez, podendo ser também em ml de solução normal, por cento ou em gramas do componente ácido principal, geralmente o ácido oléico. Índice de acidez é o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar um grama de amostra. Esse método é aplicável a óleos brutos e refinados, vegetais e animais, e gorduras animais.

Conforme a metodologia aplicada, segundo Instituto Adolfo Lutz (2006), 2g de amostras do óleo de soja homogenias e completamente líquidas, foram coletadas em frasco Erlenmeyer de 125 ml, foram adicionados 25 ml de solução éter-álcool (2:1) neutra à amostra, e adicionados também duas gotas do indicador fenolftaleína. A solução foi titulada com hidróxido de sódio 0,1 M até o aparecimento da coloração rósea, a qual manteve-se por 30 segundos.

Cálculos para expressar os resultados em acidez em ácido oléico:

$$\frac{v \times f \times 100 \times 0,0282}{P} = \text{acidez em ácido oléico, por cento, m/m}$$

v = nº de mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação;

f = fator da solução de hidróxido de sódio;

P = nº de g da amostra.

5.2.3 Índice de Peróxido

A metodologia para a determinação do índice de peróxido utilizada foi segundo Wu (2008). As amostras de óleo (0,5g) foram misturadas com 25 ml da solução de ácido acético glacial e clorofórmio (razão 3:2) em um frasco cônico, a estes foi adicionado 1 ml de iodeto de potássio. Essa mistura foi mantida no escuro por 10 (dez) minutos, após foram adicionados 30 ml de água destilada e 1 ml de solução recentemente preparada de amido 1%. Após misturar, as amostras foram tituladas com solução de tiosulfato de sódio 0,005 M, e o valor de peróxido foi expresso em meq por quilo de amostra (meq/kg de amostra).

5.2.4 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro cultivares de soja, e cinco tratamentos, cada tratamento com quatro repetições. As análises estatísticas foram realizadas na forma de um experimento bifatorial, levando em consideração os fatores temperatura e umidade relativa do ar. Todas as médias foram submetidas ao teste de Tukey em nível de 5% de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Experimento 1.

A qualidade fisiológica das sementes sofreu modificações em decorrência da qualidade do ambiente de armazenamento. Como segue a apresentação dos dados e discussões do experimento.

Pode-se observar (Gráfico - 1) que, ao longo do período de condução do experimento as condições do tratamento em regime ambiente oscilaram muito, variando diariamente suas médias de temperatura e umidade relativa do ar.

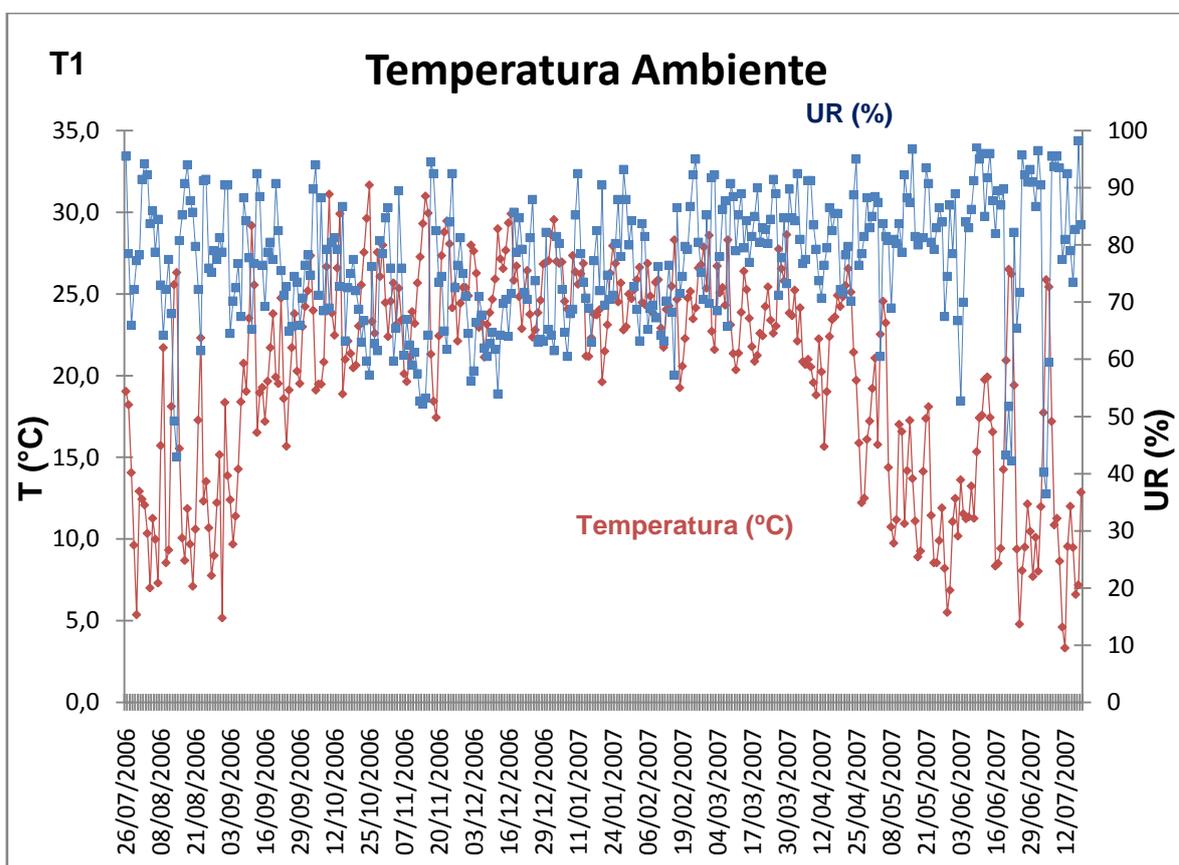


Gráfico - 1. Condições ambientais em laboratório.

Sob estas condições a média de temperatura mais alta registrada durante o período foi de 31,7°C, para condições dos meses de primavera, sendo que a umidade relativa do ar máxima registrada foi 98%, para condições climáticas de inverno. Levando em conta a média de temperatura e umidade relativa nas

condições do tratamento ambiental, 20,2°C e 77% UR, não seriam condições ruins para o armazenamento, segundo Puzzi (2000), o equilíbrio higroscópico destas sementes estaria em torno de 13,8%, condições estas industrialmente aceitáveis para comercialização com soja seca. Mas devemos levar em conta que, durante todo o período do experimento as oscilações destes dois fatores (temperatura e umidade relativa do ar) foram grandes, o que certamente alterou o conteúdo de água das sementes.

Na condição de umidade a 25°C (T2) na câmara (Gráfico - 2) pode-se notar uma grande diferença na variação da temperatura e umidade relativa do ar.

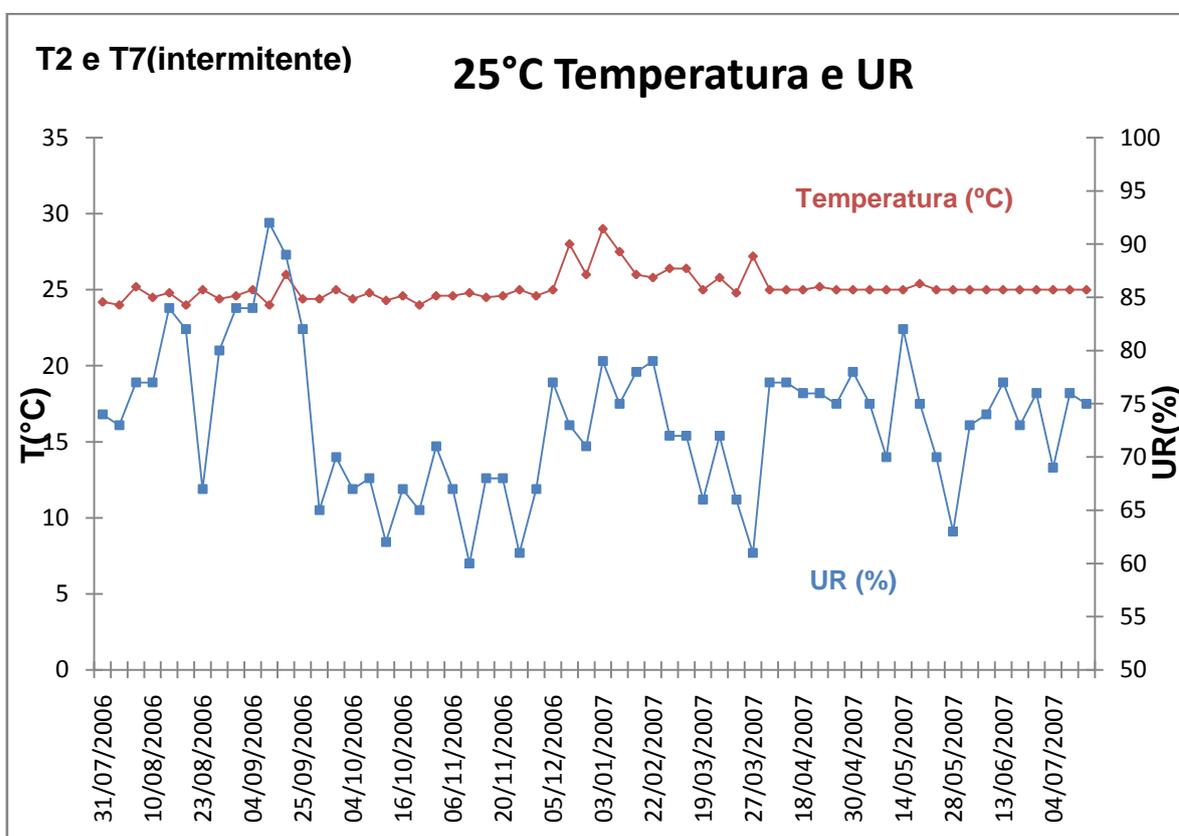


Gráfico - 2. Condições de temperatura e UR na câmara a 25°C.

Possivelmente as condições de armazenagem em relação a condição ambiental foram melhores que em ambiente, em virtude de um regime mais uniforme de temperatura e umidade relativa do ar, sabemos que como as sementes são higroscópicas e seu conteúdo de água varia conforme as condições do ar circundante e do ar intersticial, o conteúdo de água destas sementes sofre uma menor variação durante o armazenamento. A temperatura e umidade em T2, média,

foi 25,1°C e 73,3% respectivamente, tendo um equilíbrio higroscópico da umidade dos grãos em torno de 13,2% (PUZZI, 2000). Vale salientar que a temperatura utilizada para este tratamento é considerada alta pela literatura para armazenagem por longos períodos, altas temperaturas aceleram os processos metabólicos de deterioração.

No tratamento 3, na temperatura a 20°C e com alta UR pode-se observar no gráfico - 3, uma maior uniformidade das condições de armazenagem, porém com umidade relativa acima dos padrões consideráveis aceitáveis para o armazenamento por longos, períodos.

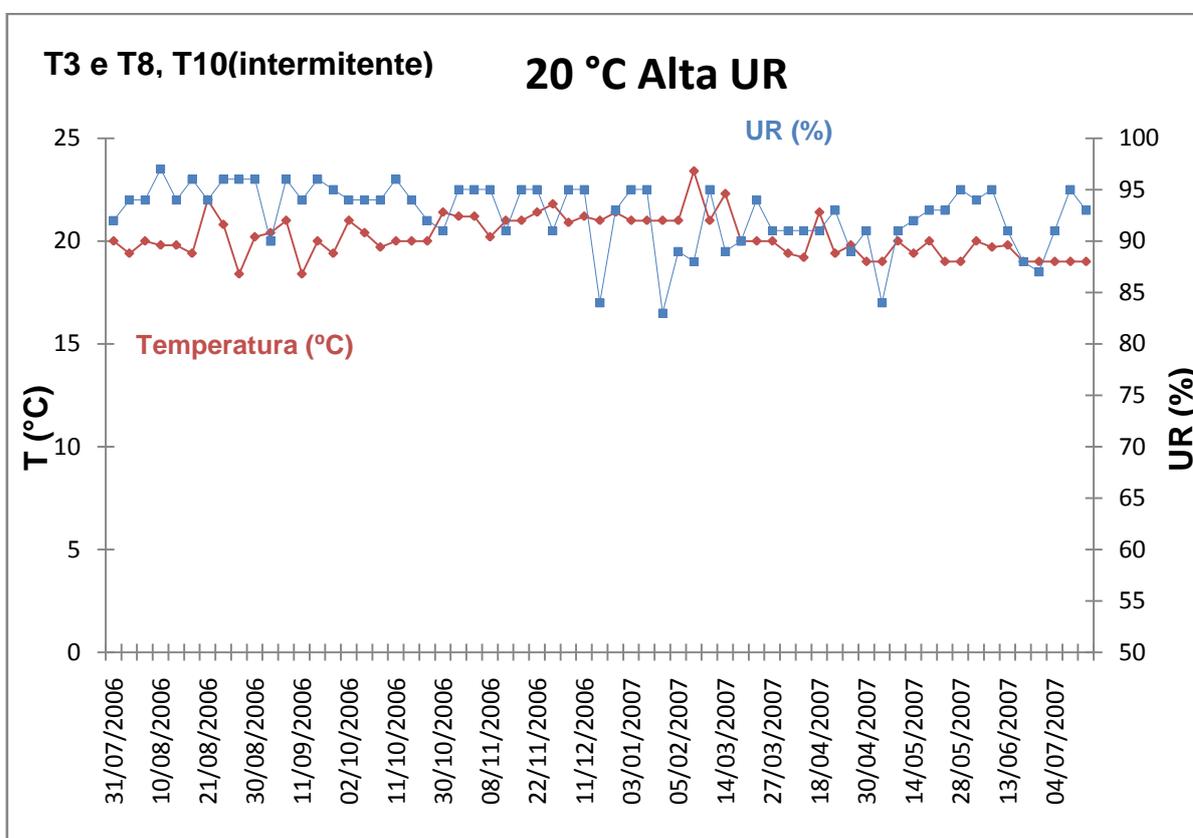


Gráfico - 3. Condições de temperatura e UR da câmara a 20°C.

No tratamento 4 as condições de temperatura e UR são apresentadas no gráfico - 4. Manteve-se as amostras de soja sob as condições médias de 20,2°C e 73,5% de UR.

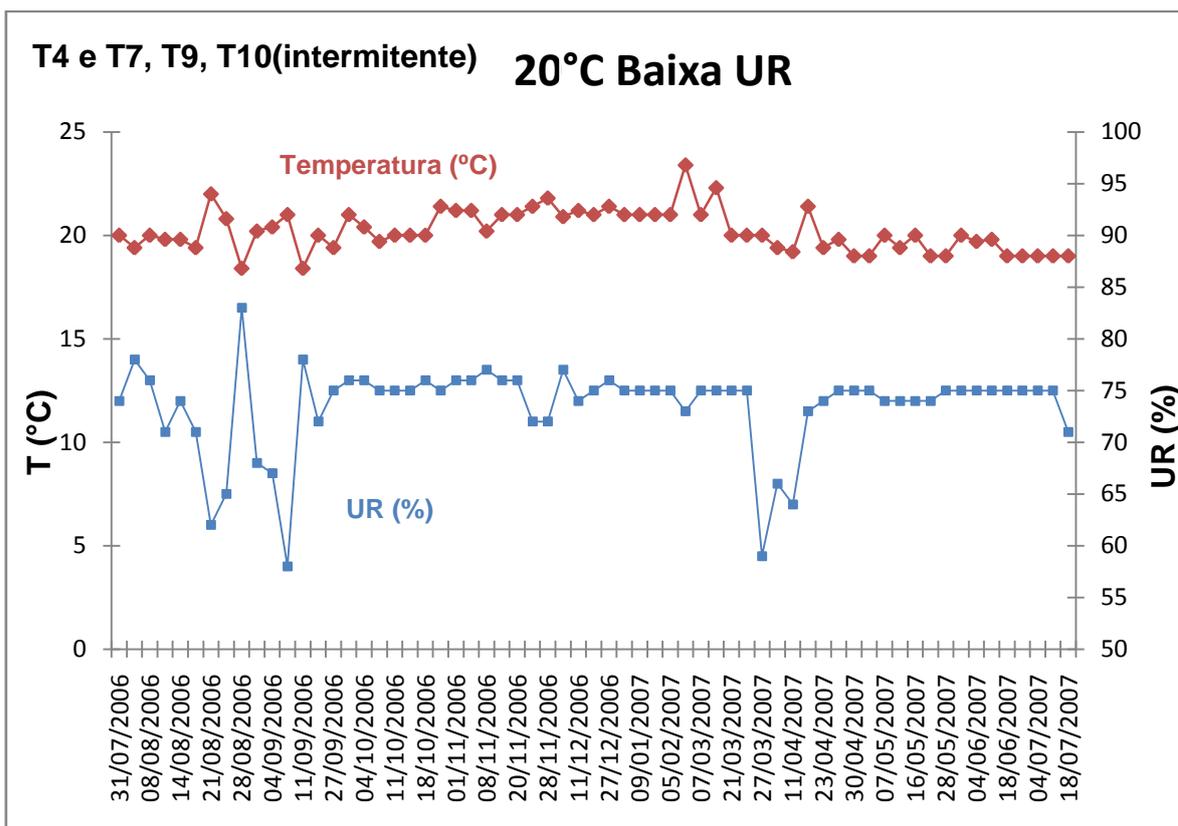


Gráfico – 4. Condições de temperatura e UR da câmara a 20°C.

Como pode-se ver no gráfico, as condições médias de temperatura e umidade relativa do ar permaneceram mais homogêneas durante a armazenagem, não colocando as sementes sobre estresse de ganho e perda de água sucessivas vezes durante o ciclo de armazenagem. Padilha (1998) verificou que para sementes com 6,8% e 8,6% de umidade inicial, houve uma nítida eficiência da embalagem de polietileno, em manter a qualidade das sementes por um período mais longo, quando comparada com as demais.

A temperatura e UR da condição de 10°C com alta UR (T5) estão apresentadas no gráfico - 5.

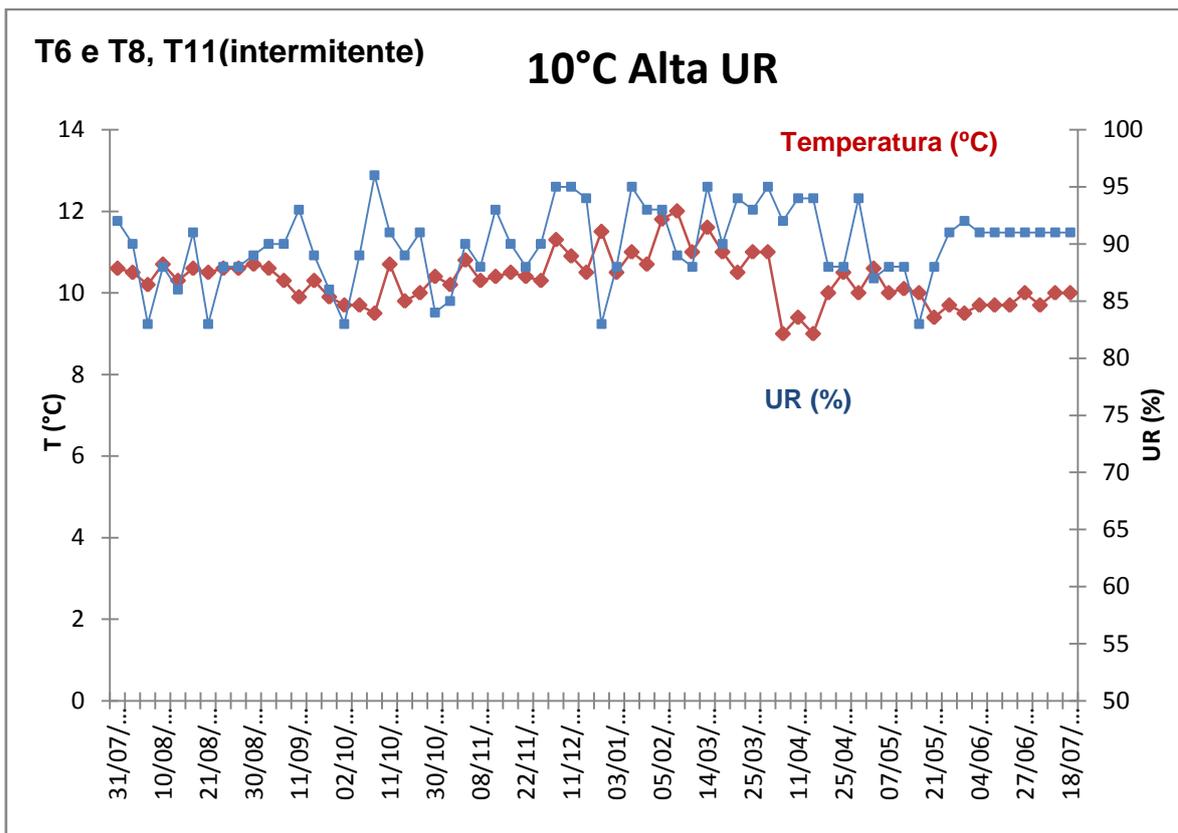
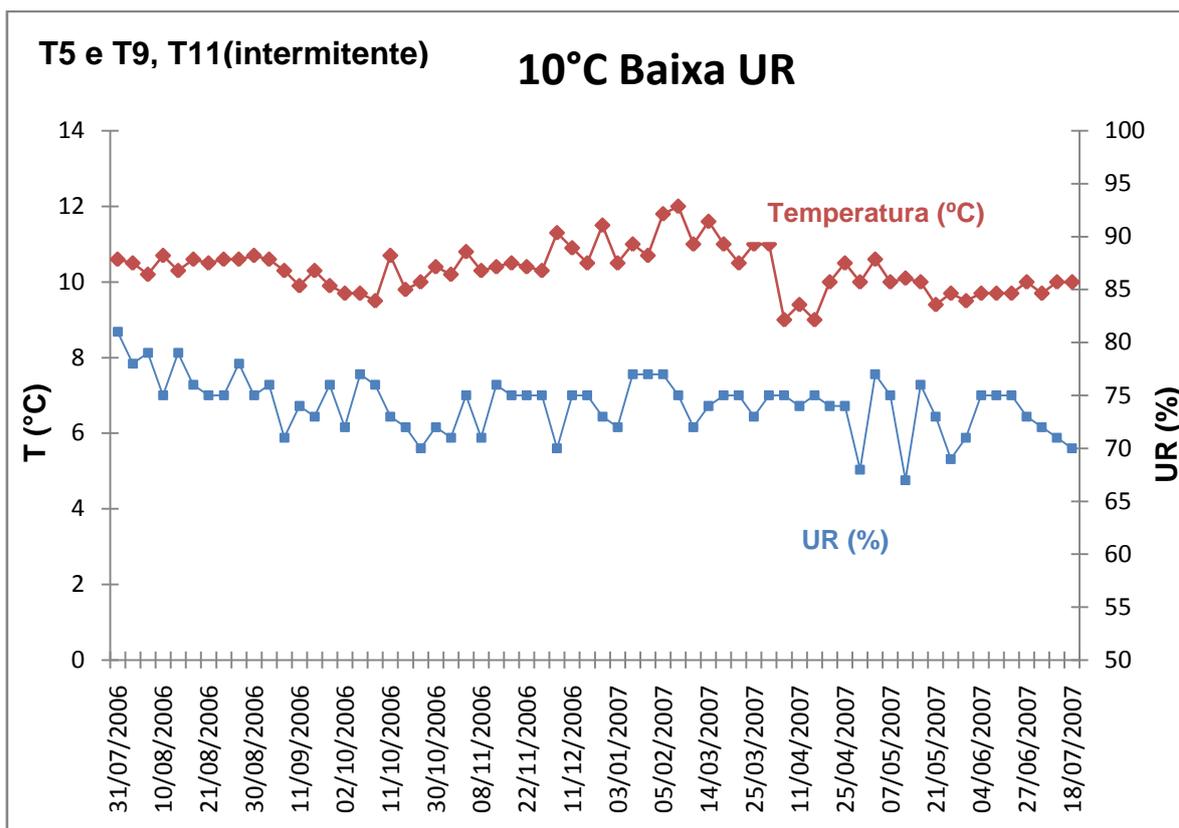


Gráfico – 5. Condições de temperatura e UR da câmara a 10°C.

A maior parte da literatura considera como ideal para conservação de grãos e/ou sementes a temperatura de 10°C, por longos períodos de tempo, porém neste tratamento manteve-se a umidade relativa do ar alta, com o intuito de analisar os efeitos da baixa temperatura e a alta umidade relativa do ar sobre a qualidade de sementes. Para Carvalho (2000), a maioria das espécies são melhor conservadas, quando menor for a temperatura de armazenagem. Como nas demais condições procurou-se estabelecer uma condição média de temperatura e umidade que ficou em 10,3°C e 90% respectivamente.

O comportamento da temperatura e UR do tratamento 6 na temperatura de 10°C e UR baixa estão apresentados no gráfico - 6.



“Monaska” apresentou teor de umidade dos grãos acima de 13% para o tratamento nove.

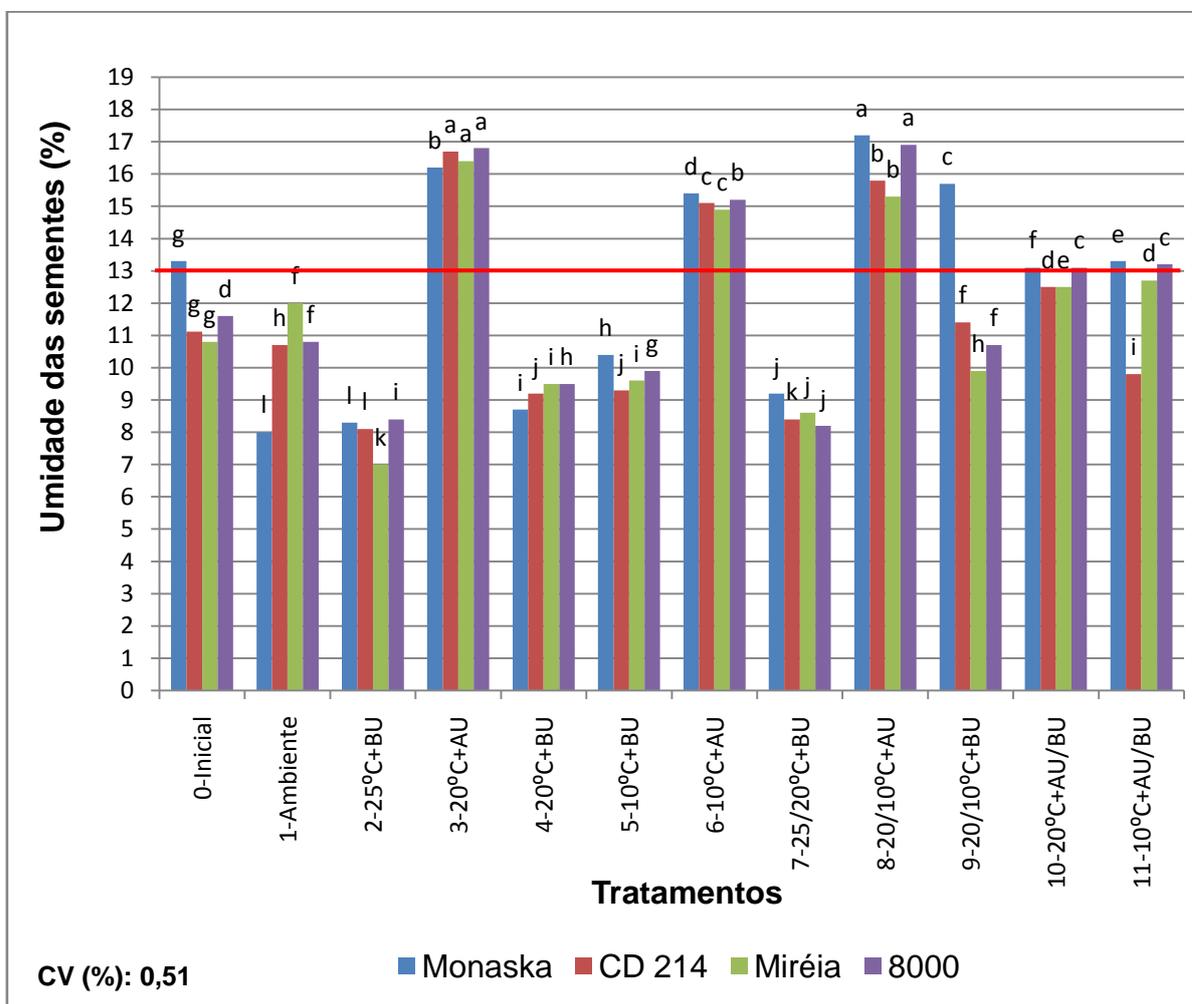


Gráfico – 7. Umidade das sementes aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

O tratamento que apresentou menor teor de umidade das sementes (7%) aos seis meses de armazenagem, foi o tratamento 2, na temperatura de 25°C e umidade relativa média do ar de 73,3%. Quanto ao teor de umidade o tratamento 2 se encaixa no perfil de armazenamento de sementes, porém sua temperatura de armazenamento é considerada alta pela literatura. Sementes de soja têm boas condições de armazenamento sob temperatura de igual ou inferior a 15°C (MARCOS FILHO, 2005).

De forma geral todas as cultivares de soja analisadas apresentam bom desempenho quanto ao teste de germinação após seis meses de armazenamento (Gráfico – 8), sendo que a maioria delas não diferiram estatisticamente entre si.

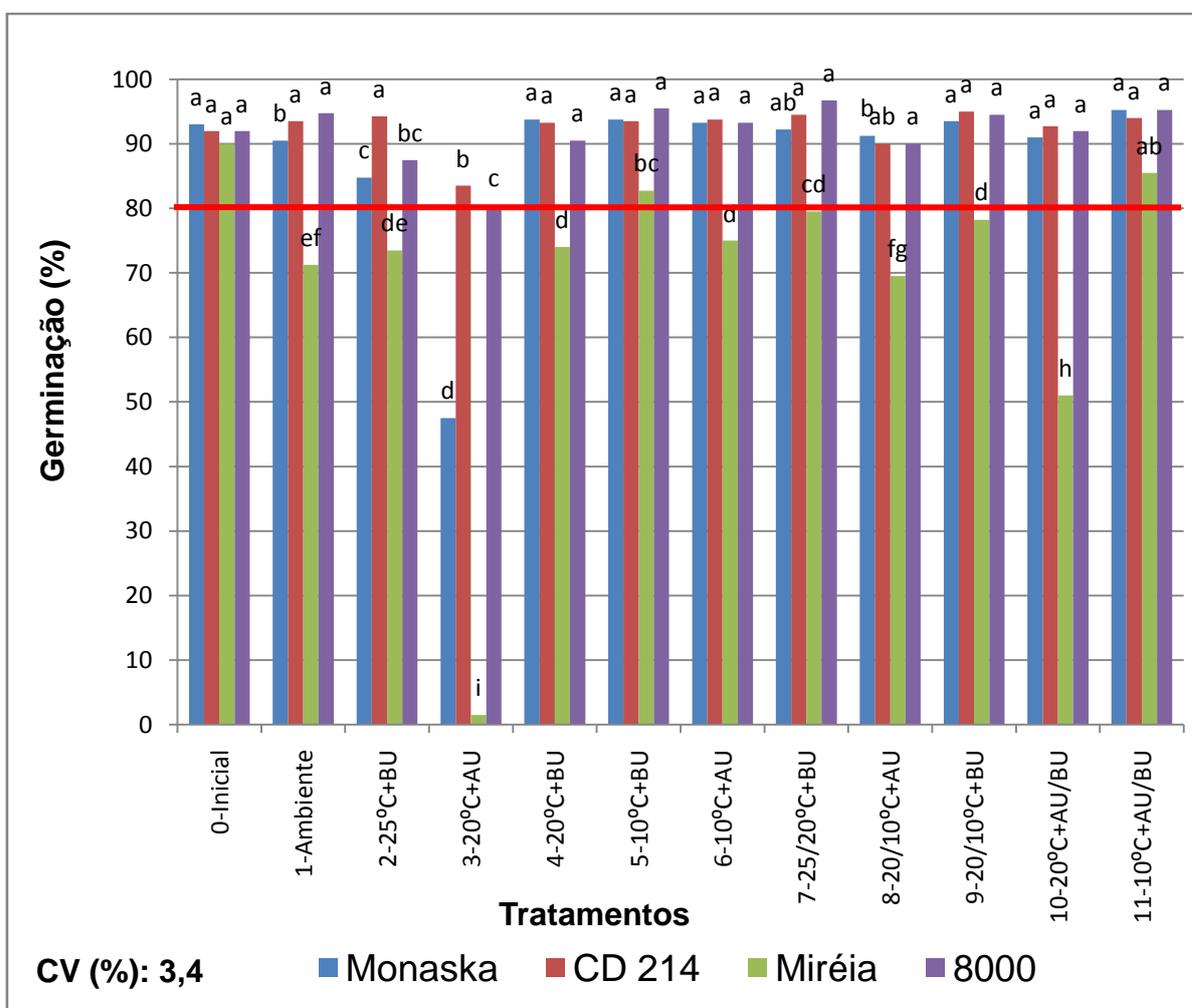


Gráfico – 8. Germinação aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Quanto a cv. “Miréia”, diferentemente das outras cultivares, apresentou queda no potencial germinativo logo aos seis meses de armazenamento, sendo que esta inicialmente não diferiu estatisticamente das demais em germinação, conservando germinação acima de 80% somente para os tratamentos 5 e 11 após seis meses de armazenamento.

O tratamento com desempenho abaixo dos demais e do padrão mínimo de qualidade de sementes, que é 80% para germinação, foi o tratamento 3, que

utilizava temperatura de 20°C e umidade relativa de aproximadamente 93%. O teor de umidade das sementes também é fator preponderante para a qualidade (CARVALHO, 2000), e apresentou-se bastante alto para este tratamento para todas as variedades com pequenas variações entre elas, mas sempre acima de 16% base úmida. Apenas as cv “CD-214” e “8000” apresentaram a germinação mínima, mas mesmo assim com forte ataque de patógenos de armazenamento e com vigor severamente comprometido. Essa queda na qualidade das sementes foi devido às severas condições para a conservação de sementes, sendo que a alta temperatura e umidade relativa do ar os responsáveis pela queda do potencial fisiológico no tratamento três.

Para os demais tratamentos, a qualidade das sementes para geminação não diferenciou-se da qualidade inicial antes do armazenamento, sendo estatisticamente iguais. Destaque ao tratamento 11, que mesmo em intermitência de umidade relativa a 10°C, variando de alta para baixa, manteve a mesma qualidade inicial das amostras, isto significa que o armazenamento em sistemas refrigerados proporciona um maior tempo de manutenção da viabilidade das sementes (CARVALHO, 1992).

Os outros tratamentos que utilizaram umidade relativa do ar alta como 6 e 8, mantiveram seus potenciais germinativos nos mesmos padrões, quando comparados à qualidade inicial de cada cultivar. Para o tratamento 6 isto pode ser devido a baixa temperatura de armazenamento, que limita reações químicas degenerativas das sementes, pois a temperatura é fator limitante para a cinética das reações químicas (ARAÚJO, 2004), possivelmente limitando com isso a degeneração das sementes. No tratamento 8 também o teor de umidade das sementes foi alto ao término dos seis meses, porém esta alta umidade não traduziu-se em queda do potencial germinativo, e sim este manteve-se com os mesmos padrões iniciais. Talvez em razão da intermitência da temperatura que oscilava da cada 14 dias de 20 para 10°C, tendo esta oscilação de temperatura, um efeito positivo em limitar a velocidade de reações degenerativas, conservando as sementes por mais tempo, mesmo estas apresentando teor de umidade acima de 16% na base úmida. Temperaturas mais baixas (10°C) durante armazenamento, proporcionam maior estabilidade das membranas celulares (VIEIRA et al., 2008).

Quando utilizado o teste de vigor fica evidente a diferença entre as condições de armazenamento (Gráfico - 9), e também as diferenças de desempenho entre

variedades, cumprindo a finalidade do teste de vigor que é a separação de lotes ou cultivares de qualidades semelhantes (ABRATES, 1999).

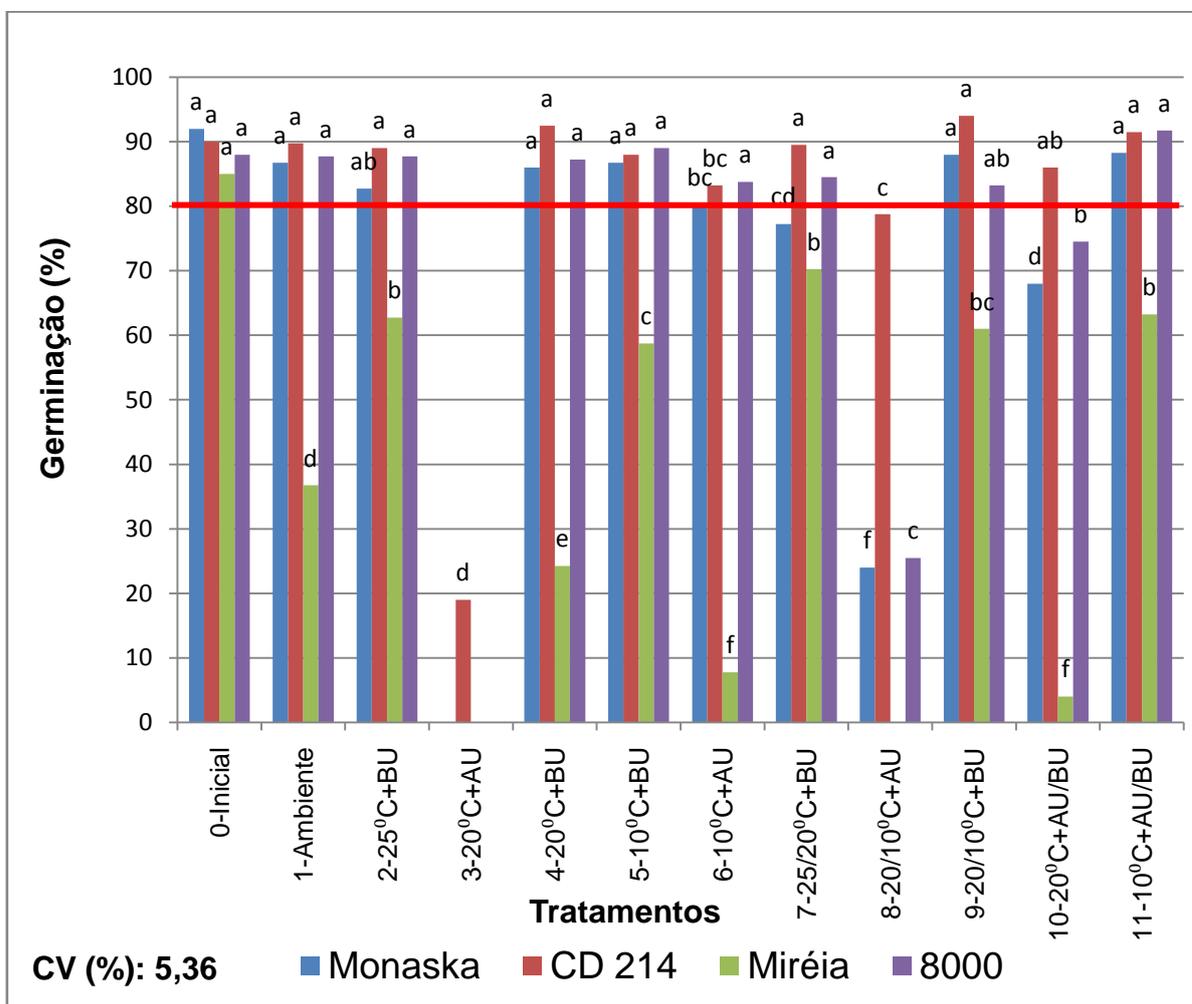


Gráfico – 9. Vigor por envelhecimento acelerado aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Os tratamentos que utilizaram maior temperatura e umidade relativa (tratamento 3, 6, 8 e 10) houve comprometimento do vigor de sementes aos seis meses de armazenamento, pela manutenção de alta umidade relativa do ar no ambiente de armazenagem, mesmo a intermitência de temperatura (tratamento oito), não conservou as sementes em padrões aceitáveis de vigor, já a temperatura fixa de 10°C conservou o vigor das sementes mesmo em alta umidade relativa do ar e teor de umidade dos grãos. Sendo que a sementeira das cultivares do tratamento seis com exceção da cv. “Miréia” poderiam ser utilizadas. A cultivar “Miréia” foi a mais comprometida pela alta umidade do ar.

Alta umidade relativa do ar e temperatura do ar 20°C ou intermitência de temperatura, apresentaram os menores valores quanto ao vigor de sementes. A utilização de intermitência de umidade relativa do ar em baixa temperatura (10°C) manteve o vigor significativamente igual ao inicial, para as cv. Monaska, CD-214 e 8000.

Para o teste de vigor em condutividade elétrica (Gráfico – 10), que mede a quantidade de eletrólitos liberada pelas sementes quando imersas em água, a cv. “Miréia”, para todos os tratamentos, apresentou a maior condutividade elétrica, revelando uma maior degradação desta cultivar em relação as outras e, uma maior sensibilidade ao armazenamento. A cv. “CD-214” obteve menores valores de condutividade elétrica, revelando sua melhor qualidade fisiológica.

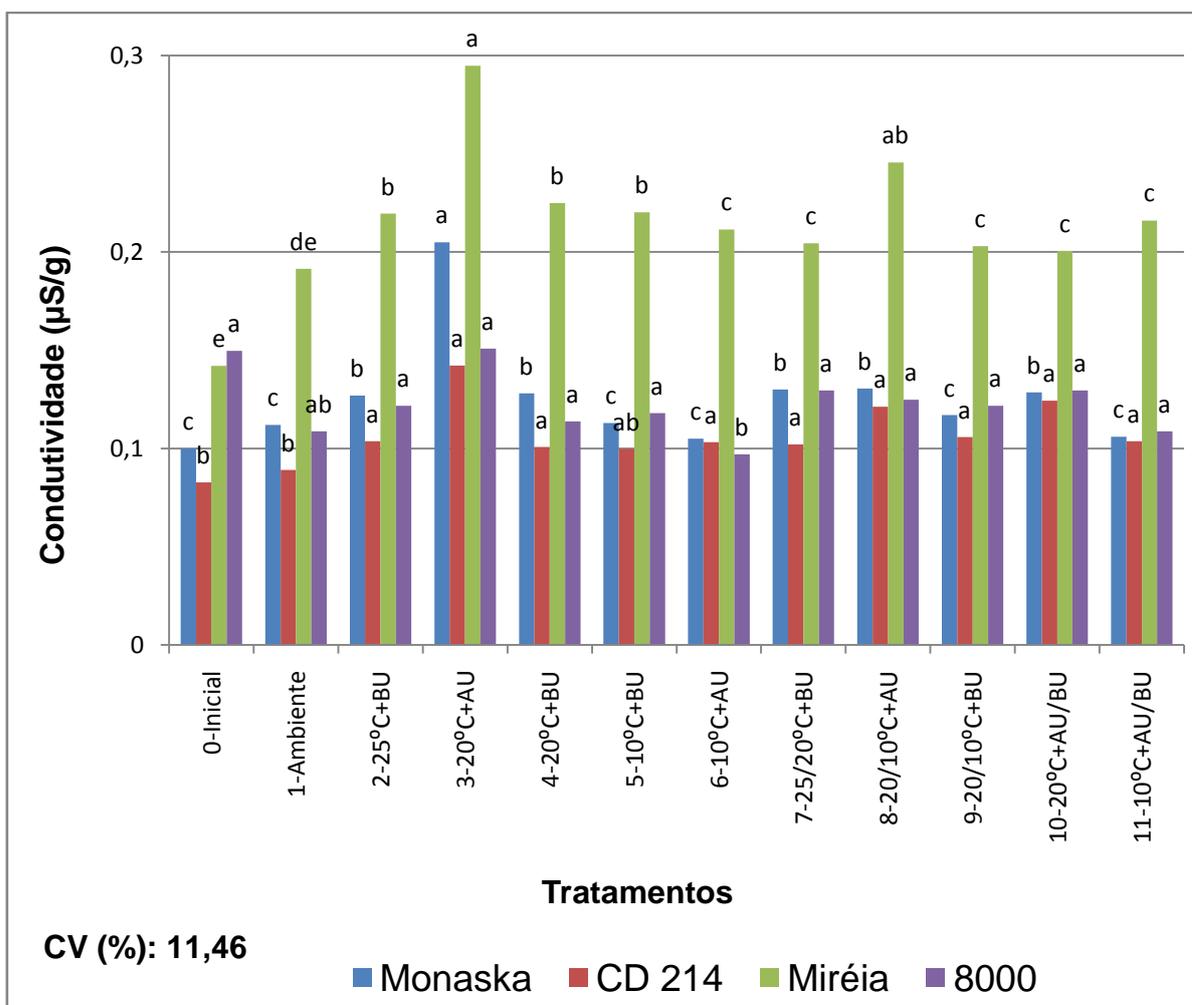


Gráfico – 10. Vigor por condutividade elétrica aos 6 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

O gráfico - 11 mostra a umidade das sementes aos 12 meses de armazenamento. Pode-se observar que os teores de umidade das sementes nos tratamentos que utilizaram umidade relativa do ar alta subiram a níveis extremamente acima dos aceitáveis para armazenamento (13 a 14%).

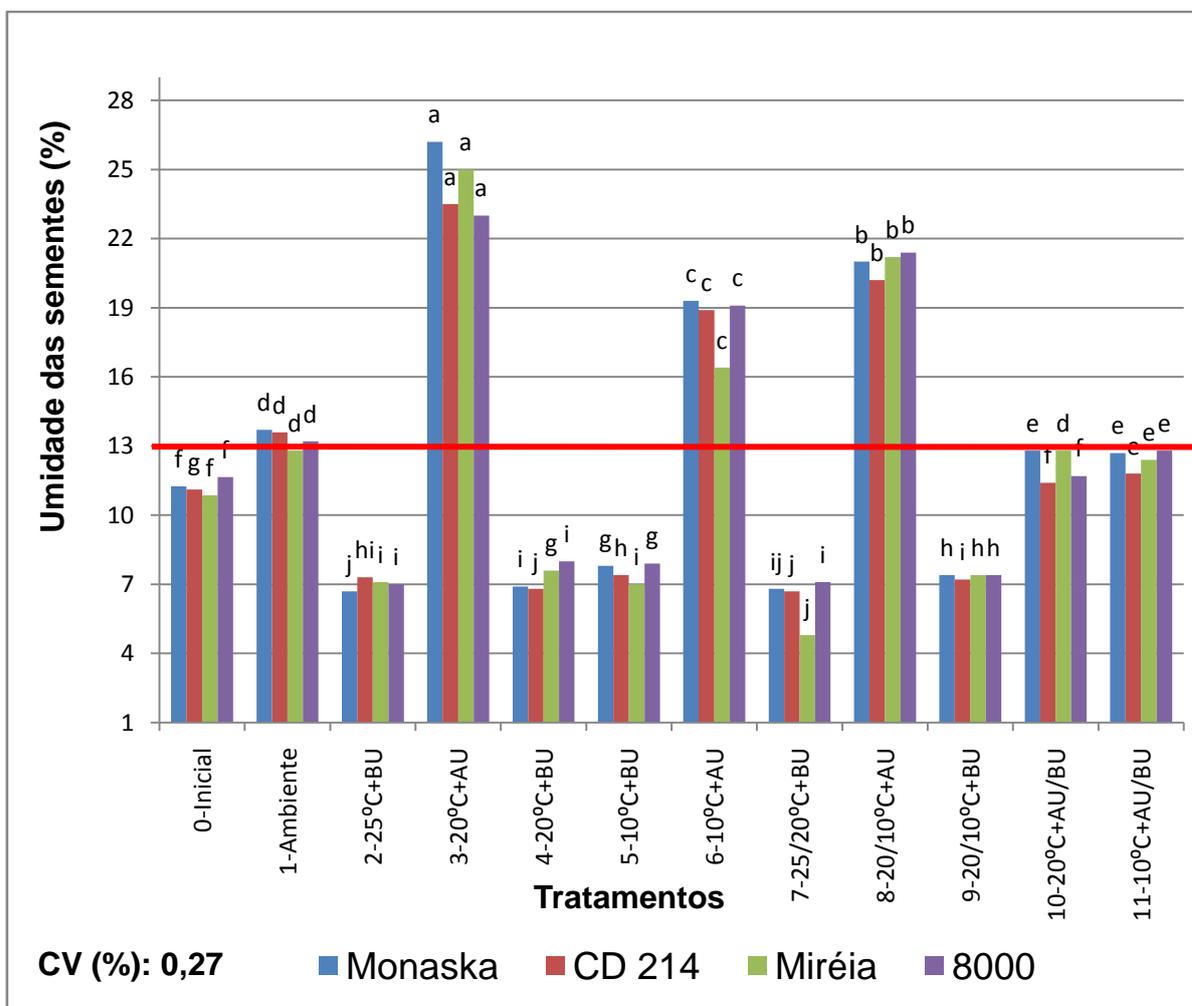


Gráfico - 11. Umidade das sementes aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

As condições de armazenamento com umidade relativa do ar baixa, proporcionaram os mais baixos teores de umidade das sementes, independentemente da temperatura utilizada no decorrer do experimento, exceto para o tratamento 2 a 25°C, que apresentou grau de umidade próximo a 14%. Os tratamentos com intermitência de temperatura (7 e 9) que utilizaram umidade relativa do ar baixa mantiveram seus graus de umidade das sementes baixos, ao contrário do tratamento de intermitência de temperatura em alta umidade relativa do ar (8),

apresentou alto teor de umidade dos grãos. Segundo Weber (2005) a teor de umidade das sementes é mais afetado pela umidade relativa do ar do que pela temperatura. Mostrando o papel da umidade do ar na manutenção da umidade das sementes no armazenamento.

A germinação aos doze meses (Gráfico – 12) separou muito bem a qualidade das condições de armazenamento aplicada, sendo que, de forma geral, as condições de armazenagem diferenciaram-se da condição inicial, com a grande maioria dos tratamentos imprópria para utilização como sementes. Dois dos onze tratamentos aplicados para todas as variedades tiveram comprometimento total da sua qualidade fisiológica após este período de conservação.

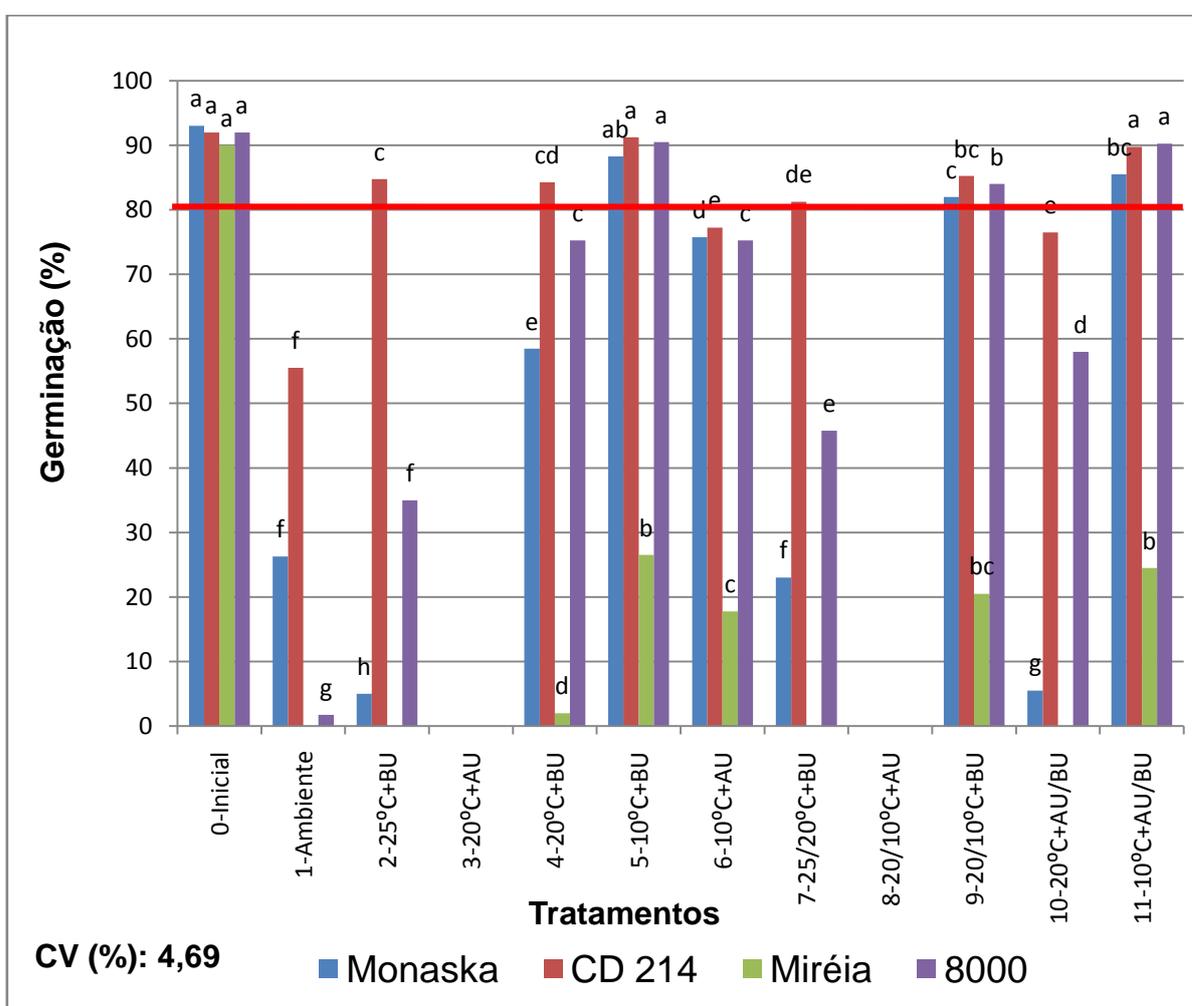


Gráfico – 12. Germinação aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Dos tratamentos analisados, apenas o 5 e 11 apresentaram condições significativamente iguais às iniciais para pelo menos duas cultivares (CD-214 e 8000), para o tratamento 9 também apresentou ao término dos 12 meses, condições mínimas de semeadura para o teste de germinação.

Baixa temperatura e umidade relativa do ar mantiveram a qualidade inicial das sementes após 12 meses, para as cv. “Monaska”, “CD-214” e “8000”. A cv. “Miréia” em nenhum dos tratamentos alcançou níveis mínimos de germinação, apresentando a maior deterioração entre as cultivares. A cultivar que apresentou os melhores resultados quanto à sua qualidade fisiológica, em todos os tratamentos foi a CD-214, apresentando um menor grau de deterioração de seu potencial germinativo e todos os tratamentos, evidenciando a existência de diferenças de comportamento das cultivares nas diferentes condições de armazenamento.

A condição de intermitência de umidade relativa do ar em baixa temperatura (10°C), também manteve a qualidade inicial das sementes para as cultivares (CD-214 e 8000), indicando pouca influência da alta umidade do ar em baixa temperatura por curtos períodos de tempo. Armazenamento em baixa temperatura mantém a qualidade fisiológica das sementes de soja, possivelmente porque a membranas permanecem estabilizadas a 10°C (VIEIRA et al. 2008).

O vigor por envelhecimento acelerado após doze meses de armazenamento (Gráfico - 13), de um modo geral, nos tratamentos que utilizavam alta temperatura, alta umidade ou intermitência de temperatura sob alta umidade relativa do ar, apresentaram baixo a nulo desempenho.

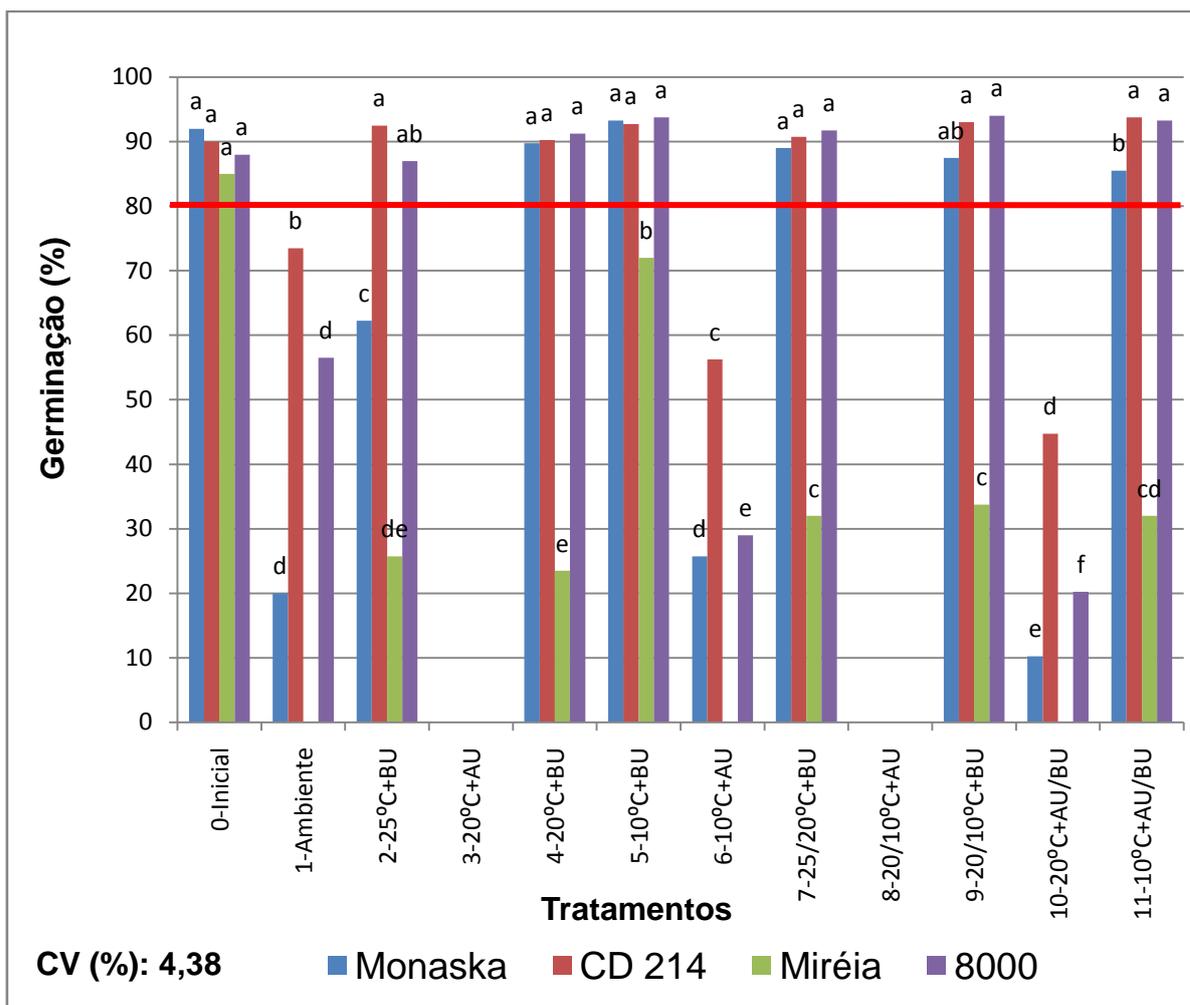


Gráfico – 13. Vigor por envelhecimento acelerado aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Resultados semelhantes foram encontrados em soja por Júnior (2000) que observou que as condições de armazenamento potencializaram a redução da viabilidade das sementes submetidas a temperaturas mais elevadas (20 e 30 °C), principalmente para os teores de umidade de 17,6 e 25% b.u. O uso de alta umidade relativa do ar neste trabalho comprometeu fortemente o vigor das sementes, mesmo em intermitência de temperatura (20°C para 10°C).

A análise do vigor deve vir sempre associada à outra análise do padrão fisiológico das sementes (ABRATES, 1999), o que neste caso fica evidente pois vários tratamentos apresentaram bom desempenho de vigor, porém suas germinações estão abaixo do padrão mínimo para utilização como sementes.

Por outro lado, os tratamentos que mostraram maiores níveis de germinação e vigor foram o 5 e 11, possivelmente pelo uso de baixa umidade relativa do ar e

temperatura. Sementes com elevado teor de umidade (25% b.u.) mostraram-se mais suscetíveis à perda da viabilidade durante o período de armazenamento, exceto para as temperaturas de 5 e 10 °C (JÚNIOR, 2000).

Quanto ao vigor por envelhecimento acelerado, as cultivares que apresentaram maior germinação foram a CD-214 e 8000, evidenciando novamente diferenças entre os genótipos de soja quanto às condições de armazenamento. Dentre as cultivares estudadas, a que apresentou maior resistência e/ou adaptabilidade ao regime de armazenamento de todos os tratamentos estudados foi a cv. “CD-214”, mostrando estabilidade do potencial fisiológico, e até mesmo, mantendo as mesmas condições iniciais em mais de dois tratamentos.

Podemos observar no gráfico - 14, uma maior degradação fisiológica para todos os tratamentos após 12 meses de armazenamento, apresentada pela elevação dos valores de condutividade elétrica.

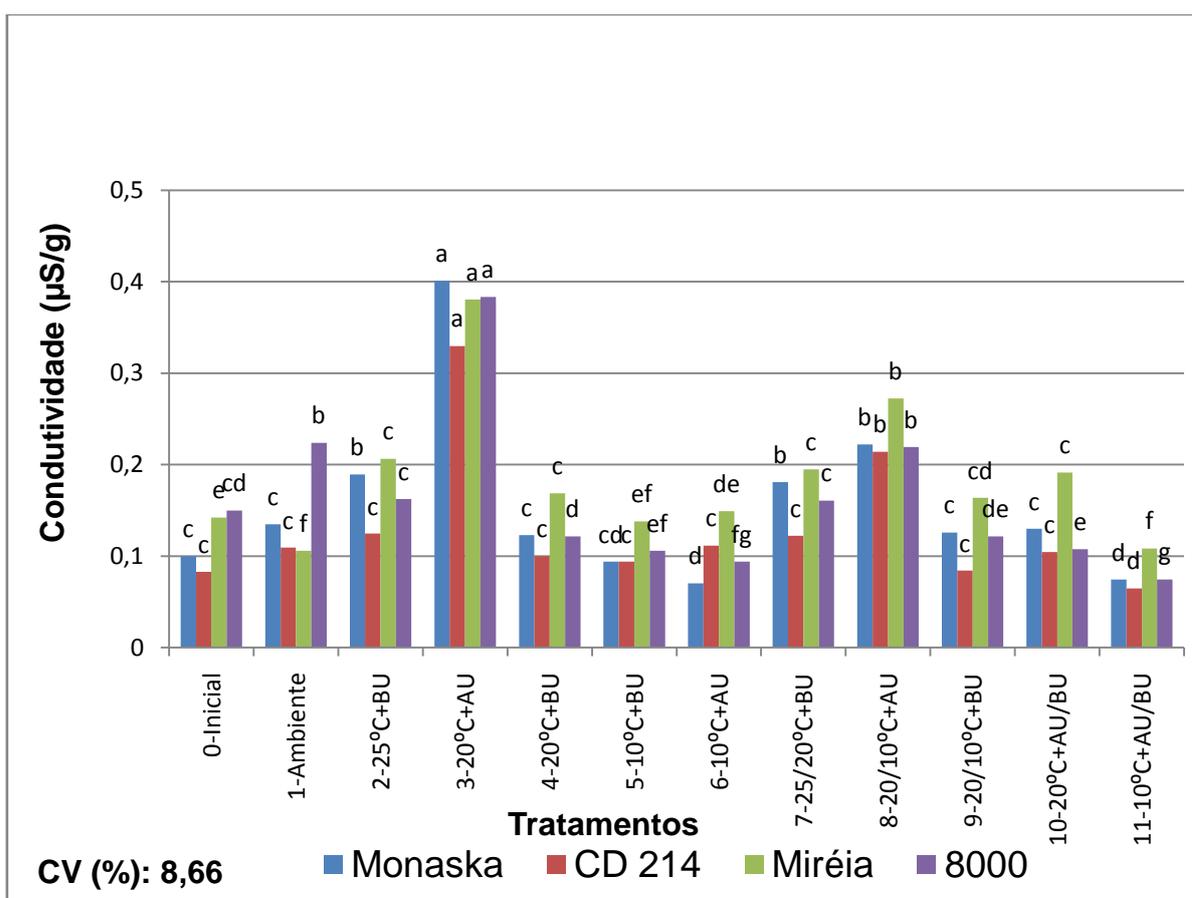


Gráfico - 14. Vigor por condutividade elétrica aos 12 meses de quatro cultivares de soja sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Porém os maiores valores de condutividade elétrica coincidiram com os tratamentos de maior temperatura e umidade relativa do ar, pois estas condições promovem uma maior soma de lixiviados celulares, ou seja, maior desorganização de membranas, possivelmente causada por oxidação dos lipídios de membrana (VIEIRA, 2008).

A cv. “Miréia” apresentou os maiores valores para condutividade elétrica na maioria dos tratamentos. Talvez a discrepância em relação às cultivares seja explicada pelo fato desta cultivar ter ciclo mais curto que as demais. Segundo Marcos Filho (2005), épocas de colheita e o ciclo da cultura podem influenciar na qualidade fisiológica das sementes.

6.2 Experimento 2.

Quando aos resultados das análises do experimento 2 em relação à qualidade do óleo de soja, extraído de grãos sob diferentes condições de armazenamento após 12 meses de armazenamento, houve mudanças quanto aos tratamentos aplicados e as variáveis analisadas. As condições de armazenamento foram às mesmas das utilizadas no experimento um para qualidade de sementes, porém com apenas cinco tratamentos, dos quais dois utilizando atmosfera controlada (AC), o óleo extraído destas amostras foi analisado quanto ao índice de acidez e índice de peróxido, parâmetros importantes, que caracterizam a qualidade do óleo.

O índice de acidez inicial das cultivares Monaska, CD-214, Miréia e 8000 foi de 0,18, 0,20, 0,25 e 0,22g de ácido oléico $100g^{-1}$ respectivamente. Os índices de acidez de todos tratamentos após 12 meses foram maiores que os níveis iniciais (Gráfico – 15).

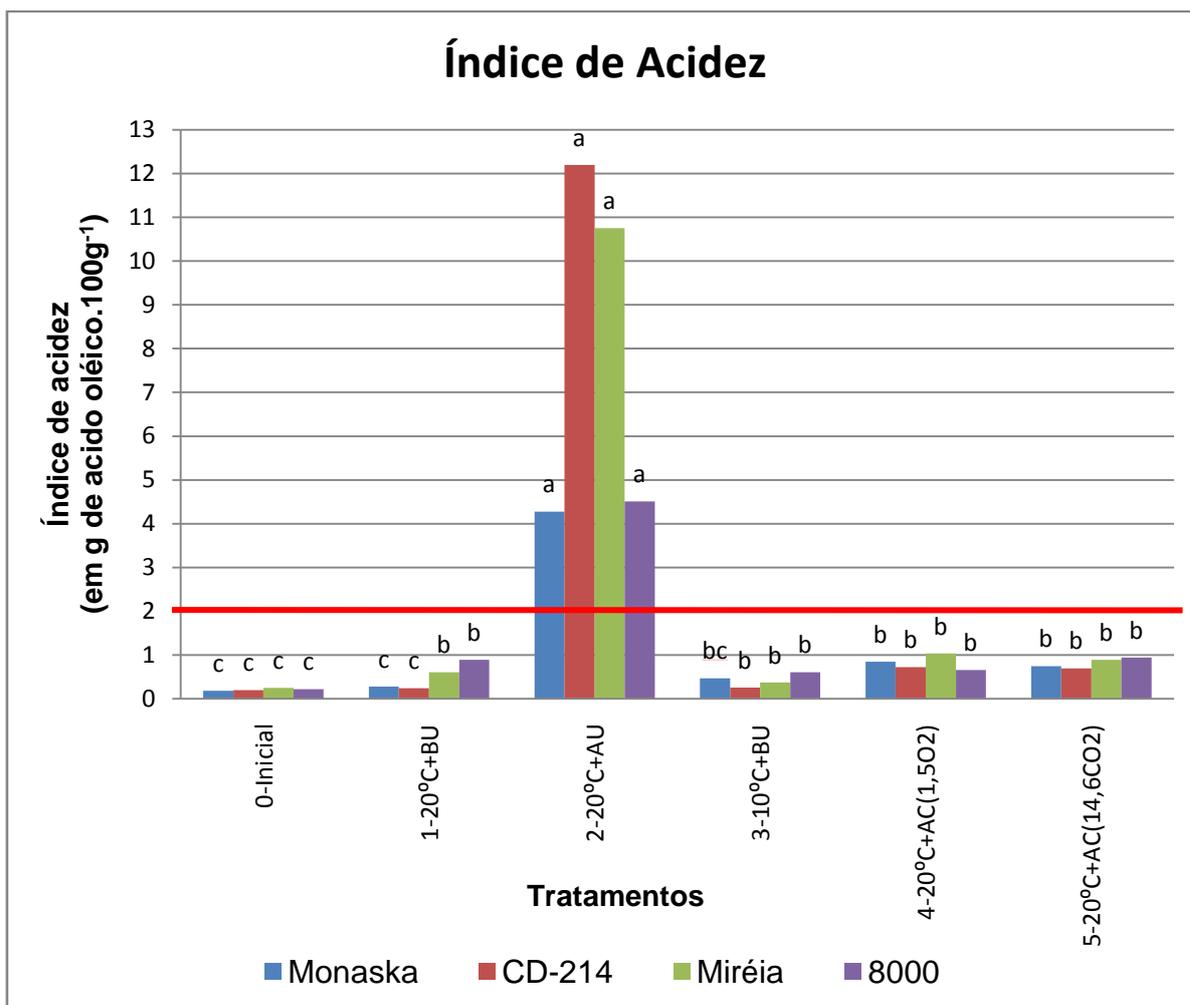


Gráfico – 15. Índice de acidez do óleo de quatro cultivares de soja aos 12 meses sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Quanto aos níveis de acidez observados no experimento 2, os maiores valores encontrados foram obtidos no tratamento que estava sob as condições de 20,2°C e umidade relativa do ar de 92,6%. Possivelmente esse grau de acidez elevado foi obtido em virtude da influência da umidade do ar, que aumentou a umidade intersticial dos grãos armazenados, que, por serem higroscópicos, também elevaram seu teor de umidade, para entrar em equilíbrio com a pressão de vapor do ar intersticial. As alterações dos lipídeos durante o armazenamento de grãos depende do teor de umidade dos grãos, se secos podem ser armazenados por vários anos em baixas temperaturas, mas se o teor de água exceder a 14%, rápida hidrólise é iniciada.

A alta temperatura neste caso também é um fator gerador do índice de acidez, pois as reações de respiração (oxidação) e degradação de hidroperóxidos

processam-se tão rápido quanto maior a temperatura. Segundo Araújo (2004), essa oxidação de lipídios libera compostos ácidos que podem ser mensurados por titulação. Esse mesmo autor comenta que além de ácidos, ocorre a formação de radicais livres, que atacam ácidos graxos insaturados de cadeia longa, formando novos radicais livres e peróxidos de hidrogênio, que posteriormente por ação enzimática formarão compostos voláteis de cheiro desagradável. Durante o armazenamento quando o conteúdo de água dos grãos é elevado há processo de formação da rancidez hidrolítica, a fração lipídica presente é lentamente hidrolisada pela água à temperatura elevada, por ação de enzimas lipolíticas naturais ou produzidas por bactérias e fungos contaminantes, contribuindo para a rancificação hidrolítica dos grãos. Os ácidos graxos livres são inexistentes no tecido vivo, ou estão dentro de organelas ou fazendo parte dos tecidos de reserva, entretanto, para Araújo (2004), estes podem ser liberados, por ação enzimática (lípase) após a morte do tecido ou a colheita, caso esta enzima não seja inativada.

Em cereais, a rancidez hidrolítica pode ocorrer durante o armazenamento inadequado, nas operações de processamento e no produto final. A atividade da lípase está concentrada na camada mais externa do grão. A lípase em arroz promove a rancidez hidrolítica em grãos não polidos durante o armazenamento, afetando a qualidade tanto do grão quanto do óleo (ARAÚJO, 2004).

O resultado da hidrólise em cereais pode ser manifestado sob forma de: off-flavor (sabor de sabão), aumento da acidez e redução do pH, aumento da sensibilidade dos ácidos graxos à oxidação e alterações nas propriedades funcionais, exemplo é saponificação do óleo de soja.

Em todos os tratamentos, exceto o tratamento 2, o óleo bruto extraído estava dentro das condições mínimas de qualidade, que para acidez livre é de 2% (MAPA, 2008).

Devido ao grau de umidade dos grãos em torno de 23 a 26% (tratamento 3), o processo enzimático de quebra das cadeias de lipídios pelas lípases deve ter liberado grande número de ácidos graxos livres, gerando o valor do índice de acidez alto para o tratamento dois.

No tratamento 1, com mesma temperatura do tratamento 2, sob umidade relativa do ar de 73,5%, nestas condições foi observado um índice de acidez bem abaixo do tratamento 2, em função da menor umidade relativa e, conseqüentemente, menor teor de umidade dos grãos, em torno de 7 a 8% na base úmida. O tratamento

3 não diferenciou estatisticamente do tratamento 1, desaconselhando o uso de baixa temperatura, se o ambiente de armazenagem proporcionar condições para que os grãos mantenham-se secos, pelo período de um ano.

Queda de germinação e vigor, em algumas condições de armazenamento possivelmente, deve ter ocorrido pela oxidação lipídica, que num primeiro momento causa danos as membranas celulares, como a perda da permeabilidade seletiva (MARCOS FILHO, 2005). Durante o armazenamento, os lipídeos sofrem lento, mas consistente peroxidação que gera hidroperóxidos, outros ácidos graxos oxigenados e radicais livres. Os radicais livres instáveis reagem logo com as moléculas próximas, danificando-as. Os ácidos graxos oxigenados, na ausência de atividade enzimática na semente seca, acumulam-se. Durante a germinação, por ocasião da hidratação, ocorre a degradação enzimática dos ácidos graxos oxigenados. Essa reação causa danos adicionais as sementes ao produzir um aumento em radicais livres e ao formar produtos secundários tóxicos (WILSON; MCDONALD, 1986). Como na soja 17 a 22%, das reservas são compostas de ácidos graxos insaturados, o contato destes com radicais livres, poderia gerar compostos secundários tóxicos as células, como o aldeído hexanal. O aldeído hexanal tem sido apontado como um dos mais importantes compostos provenientes da peroxidação de lipídeos (REZENDE et al, 1988).

No período entre a maturação fisiológica e a colheita, condições ambientais desencadearam processos bioquímicos indesejáveis, dentre os quais a hidroperoxidação de lipídeos, com a conseqüente produção de aldeídos. Como evidenciado por Benedetti et al (1980), os aldeídos apresentam vários efeitos fitotóxicos, o que pode promover diminuição de germinação e de vigor de sementes de soja.

Segundo Vidas et al. (1992) as sementes de soja de qualidade inferior produziram, consistentemente, maior quantidade de aldeído hexanal e de aldeídos voláteis nas etapas iniciais da germinação. Dessa forma, a correlação obtida entre vigor e a evolução do aldeído hexanal e de aldeídos voláteis nas etapas iniciais da germinação permite concluir que a hidroperoxidação de lipídeos constitui um dos eventos bioquímicos importantes na perda da viabilidade e vigor de sementes de soja.

As duas condições em AC (atmosfera controlada), não diferenciaram-se entre si estatisticamente para o índice de acidez, mantendo resultados semelhantes para

os tratamentos 1 e 3. Tratamentos em AC obtiveram índices de acidez maiores utilizando temperatura de 20 e 10°C respectivamente em baixa umidade relativa do ar. O que sugere que o uso de AC não é necessário visando o controle do índice de acidez, já que este é diretamente mais influenciada por ação de lípases e conteúdo de água (PRADO FILHO, 1994).

O índice de peróxido é um indicador muito sensível do estado inicial da oxidação, e sua presença é indicio de que a deterioração do sabor e odor, em função de sua instabilidade, está para acontecer. O aumento dos níveis de peróxido é indicativo de mudanças complexas, da formação de compostos de baixo peso moléculas, advindos de sua degradação. Estes compostos, aldeídos, cetonas, ácidos, alcoóis e hidrocarbonetos, são os responsáveis pelo sabor e odor característico de produtos rançosos (ARAÚJO, 2004). Inevitavelmente, são decompostos mesmo à temperatura ambiente, produzindo moléculas pequenos, como compostos carbonílicos. À temperatura elevada, a velocidade de formação dos peróxidos é menor que de sua decomposição. Portanto, esta medição é limitada em razão da natureza transitória do peróxido, sua decomposição em produtos secundários pode subestimar o grau de oxidação, ou seja, baixos valores podem representar o estágio inicial ou avançado da oxidação (ALLEN; HAMILTON, 1983).

Durante o processo de oxidação a formação e a degradação de peróxidos são constantes, pois os valores de peróxido alcançam determinada concentração e diminuem.

Segundo MAPA (2008), para que o óleo extraído de soja seja classificado com de tipo um seu valor do índice de peróxido deve ser igual ou menor que um (\leq a 1), para que o óleo seja classificado como tipo 2 seu índice de peróxido deve ser menor ou igual a 2,5 (\geq a 2.5).

Para o índice de peróxido (Gráfico – 16) o tratamento 2 apresentou o maior índice de peróxido, de forma geral, possivelmente este grãos armazenados em alta UR, e devido à ação de enzimas lípases que aceleram o processo de oxidação via radicais livres, em razão da maior atividade de água (ARAÚJO, 2004).

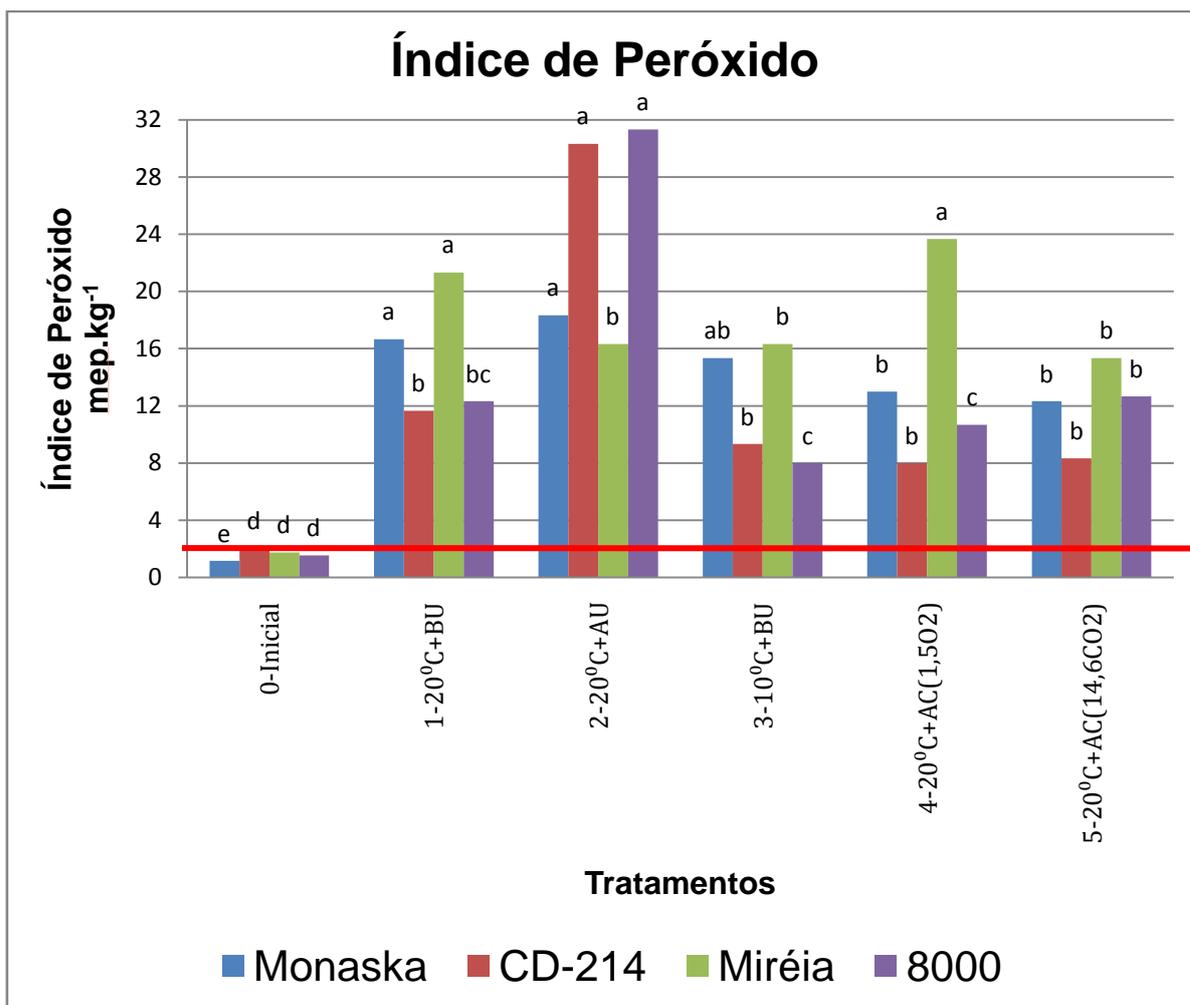


Gráfico – 16. Índice de peróxido do óleo de quatro cultivares de soja aos 12 meses sob diferentes condições de armazenamento. (barras de mesma cor seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%).

Para aqueles tratamentos que utilizaram baixa umidade relativa do ar (1 e 3), os resultados para índice de peróxido são muito semelhantes entre eles, não havendo diferença entre esses tratamentos. Apenas a cultivar “Miréia” o tratamento 1 obteve maior índice de peróxido que o tratamento 3, possivelmente decorrente de uma maior degradação da própria cultivar e não do armazenamento.

O teor de umidade dos grãos das duas condições de AC, tratamento 4, 8,5%, e para o tratamento 5 a umidade dos grãos foi de 9%. A baixa umidade apresentada é característica da condição de AC, ocasionada pelas constantes trocas de gases para manutenção das condições de atmosfera controlada (BRACKMANN, 2002).

Da mesma forma que o índice de acidez, os tratamentos em AC não apresentaram comportamento significativo diferente entre eles, e também não diferiram neste experimento para os tratamentos que utilizaram baixa umidade

relativa do ar (1 e 3). Isso talvez seja devido à baixa pressão de oxigênio do ar intersticial dos grãos armazenados, que segundo Weber (2005), gira em torno de 1 a 1,5%.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uso de alta umidade por curtos períodos de tempo em baixa temperatura, não comprometem a qualidade fisiológica das sementes de soja.

Os tratamentos que apresentaram melhores resultados tanto em germinação, vigor por envelhecimento acelerado e condutividade elétrica estavam sob condições de 10°C de temperatura. A temperatura de 10°C e umidade relativa do ar de 74,1% mantiveram durante todo o período de armazenamento a mesma qualidade inicial.

Existem diferenças entre as cultivares quanto a sensibilidade das condições de armazenamento.

Para a qualidade do óleo o controle da umidade relativa do ar é mais importante que o controle da temperatura.

A utilização tratamentos com baixa umidade relativa do ar conservou os níveis de acidez livre do óleo obtido de sementes de soja em condição consideradas boas mesmo após um ano de armazenamento.

Com o uso de AC não se obteve diferença quanto a qualidade do óleo extraído.

8 BIBLIOGRAFIA

ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigor. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, Nov./Dec. 1980.

ABDUL-BAKI, A. A.; BAKER, J. E. Are changes in cellular organelles or membranes related to vigor loss in seeds? **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 89 -125, Jan./Mar. 1973.

ABRATES, **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes, 1999, 218 p.

ABU-SHAKRA, S. S.; CHING, T. M. Mitochondrial activity in germinating new and old soybean seeds. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 2, p. 115-118, Mar./Apr. 1967.

ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in food**: London: Applied Science, 1983, 199 p.

AMARAL, A. S.; BAUDET, L. Efeito do teor de umidade da semente, tipo de embalagem e período de armazenamento, na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 27-35, set. /dez. 1983.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos**: teoria e prática, 3. ed., Viçosa: Ed. UFV, 2004.

BAUDET, L. Armazenamento de Sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. M. (Ed.) **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: Gráfica Universitária-UFPel, 2003, p. 369-418.

BENEDETTI, A.; COMPORT, M.; ESTERBAUER, H. Identification of 4-hidroxynonenal as a cytotoxic product originating from the peroxidation of liver microsomal lipids. **Biochemica et Biophysica Acta**, 1980. 620 p. p. 281 – 296 p.

BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, Washington, v. 98, n. 3, p. 1207-1210, Mar. 1992.

BIZZETTO, A., HOMECHIN, M. Efeito do período e da temperatura de armazenamento na qualidade fisiologia e sanitária de sementes de soja com altos índices de *Phomopsis sojae*. Brasília, **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 2, p. 295–302, maio/ago. 1997.

BOUBRIAK, I. I. et al. The requirement for DNA repair in desiccation tolerance of germinating embryos. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 7, n. 2, p. 97-105, Apr. /June 1997.

BRACKMANN, A. et al. Conservação de Três Genótipos de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do Grupo Carioca em Armazenamento Refrigerado e em Atmosfera Controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 911-915, nov./dez., 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para a Análise de Sementes**. Brasília, DF. 1992. 365 p.

BURREL, N. J. The Chiled Storage of Grain Home, **Cereals Authority - Journal Ceres**, v. 5, 1970.

CARDOSO, P. C. et al. Armazenamento em sistema a fria de sementes de soja tratadas com fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 15–23, jan./abr., 2004.

CARVALHO, M. L. M.. **Refrigeração e qualidade de sementes de milho armazenadas em pilhas com diferentes embalagens**. 1992. 98 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CARVALHO, N. M. de, NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed., Jaboticabal: Funep, 2000.

COLLBEAR, P. Mechanisms of seed deterioration. In: Basra, A. S. (ed). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York, The Haworth Press Inc., 1995. p. 223-277.

CONAB. **Levantamento Safra 2008**. Brasília, DF, 19 de set. 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em 19 Set. 2008.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of Seed Science and Technology**. 3 rd ed. New York: Chapman & Hall, 1995, 409 p.

DELOUCHE, J. C. Seed deterioration. **Seed World**, Chicago, v. 92, n. 4, p. 14-15, Apr. 1963.

FERGUSON, J. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Changes during early soybean seed and axes deterioration: In. Seed quality and mitochondrial respiration. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 1, p. 175-179, Jan./Feb. 1990.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**, Porto Alegre: Artmed, 2004, 323 p.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In. Kozlowski, T. T. (Ed). **Seed Biology**, New York: Academic Press, 1972, p. 145-245, v. 3.

JÚNIOR, P. C. A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, D. M. Modelamento da perda da qualidade de sementes de soja, em função das condições iniciais e atmosfera de armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 403-408, set./dez. 2000.

MAPA. Características de qualidade do óleo de soja, **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de jul. 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 25 nov. 2008.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 495.

MATTHEWS, S. Evaluation of techniques for germination and vigour studies. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 2, p. 543-551, Apr./June 1981.

MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v. 14, n. 2, p. 84-94, Apr./June 1985.

McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 177-237, Jan./Mar., 1999.

MIRANDA, L. C. **Armazenamento de sementes de soja em embalagens permeáveis e semipermeáveis, no Centro - Oeste e Nordeste Brasileiro**. 1987. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MISRA, M. K. Soybean seed storage. In: SEED TECHNOLOGY CONFERENCE. 1981, Ames. **Proceedings ...** Ames, 1981. p. 103 - 109.

OSBORNE, D. J.; BOUBRIAK, I. I. DNA and desiccation tolerance. **Seed Science Research**, Wallingfor, v. 4, n. 2, p. 175-185, Apr./June 1994.

PADILHA, L. et al. Efeito da embalagem no vigor das sementes de soja (*glycine max* (L) Merrill) armazenadas com diferentes graus de umidade inicial. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 120-125, jan./abr. 1998.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.12, n. 2, p. 56-69, jul./dez., 2000.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

PRADO-FILHO, L. G. Umidade relativa de equilíbrio e oxidação de lipídios em farinhas de castanha do pará, macadâmia e de soja. **Science Agriculture**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 357-362, mar./abr. 1994.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.

PRIESTLEY, D. A. **Seed aging**. Ithaca: Comstock Publishing Associates. 1986. p. 304.

REZENDE, S. T. et al. Efeitos de danos físicos e teor de umidade na produção de n-hexanal em grãos de soja. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 433-442, jul./set., 1988.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 3, p. 499-514, July /Sept., 1973.

ROBERTS, E. H. Physiology of aging and its application to drying and storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 2, p. 359-372, Apr./June 1981.

SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associated with loss of viability of stored desiccation tolerant and desiccation-sensitive seeds. In. Kiegel, J.; Galili, G. (ed) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. p. 701-746.

SÃO PAULO. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, São Paulo: Secretaria da Saúde, 2006. 2017 p.

SUN, W. Q. Methods for the study of water relations under desiccation stress. In. Black, M.; Pritchard, H. W. (ed). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 48-83.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**, 3. ed, Porto Alegre: Artmed, 2004.

TIFFUNY, B. H. Fossil angiosperm fruits and seeds. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v. 2, n. 2, p. 54 - 71, July/Dec. 1977.

TOLEDO, F. F.; et al. **Manual das Sementes – tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224 p.

USDA . **Balance crop 2008**. United States Department of Agriculture, 20 set. 2008. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>>. Acesso em 12 Dez. 2008.

VERTUCCI, C. W. Predicting the optimum storage conditions for seeds using thermodynamic principles. **Journal of Seed Technology**, Lincoln, v.17, n. 2, p. 41-53, July/Dec. 1993.

VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: Kiegel, J.; Galili, G. (ed). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. p. 237-271.

VIDAS, R. M. R. et al. Relação entre vigor e alterações bioquímicas na germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 49-53, jan./jun. 1992.

VIEIRA, R. D. Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seed solution. **Science Agriculture**, Piracicaba, v. 65, n. 5, p. 496-501, set./out., 2008.

VILLELA, F. A.; MARCOS FILHO, J. Estados energéticos e tipos de água na semente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 317-321, maio /ago. 1998.

WALTERS, C. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, n. 2, p. 223-244, Apr. /June 1998.

WEBER, E. **Armazenagem agrícola**. 2. ed., Guaíba: Agropecuária, 2001.

WEBER, E. **Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos**. 5. ed., Panambi: Agropecuária, 2005.

WILSON, D.O.Jr.; McDONALD, M.B.Jr. A convenient volatile aldehyde assay for measuring seed vigour. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 14, n. 2, p.259-268, Apr./June 1986.

WU, T.; MAO, L. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. **Food Chemistry**, London, n. 110, p. 647 - 653, 2008.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)